

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA



Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**

DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO
Especialización, Maestría y Doctorado en Diseño

**Sistemas de control solar para la obtención de
confort térmico y ahorro de energía
Caso de Estudio: Ciudad de México.**

Arq. Angélica Ramos Oropeza

Tesis para optar por el grado de Maestría en Diseño
Línea de Investigación: Arquitectura Bioclimática

Miembros del Jurado:

Dr. José Roberto García Chávez
Director de la tesis

Dr. Luis Fernando Guerrero Baca

Dr. Ricardo Aguayo González

Dr. Yasuhiro Matsumoto kuwabara

Dr. Hernando Romero Palacios

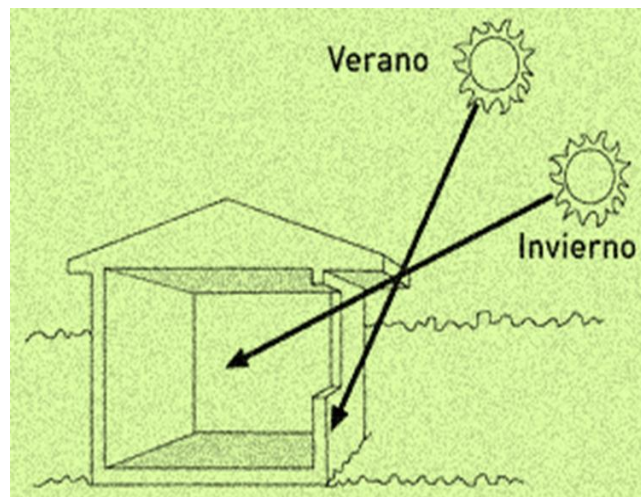
UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA



México D.F.
Enero, 2011

Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**

***Sistemas de control solar para la obtención de
confort térmico y ahorro de energía
Caso de Estudio: Ciudad de México.***



*A mi madre por su amor, apoyo y confianza
y por ser mi motivación para ser mejor cada día,*

*A Arturo por su apoyo y comprensión infinitos
y por ser parte fundamental de mi vida.*

*A todas y cada una de las personas que sueñan, imaginan,
piensan, pero sobretodo actúan para hacer de este mundo
un lugar más agradable.*



AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, además de ser mi guía y fortaleza cada día,

A mi director de tesis Dr. José Roberto García Chávez por su gran entrega, compromiso y apoyo que fueron esenciales para la realización de este trabajo,

A mis compañeros y amigos Francisco y Coatzin por compartir este tiempo y por su valioso apoyo,

A mis compañeros de maestría y doctorado por su apoyo, cooperación y esfuerzo que fue esencial para enriquecer este trabajo.



El crecimiento tecnológico que se ha presentado con mayor intensidad a partir de la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad, ha provocado un incremento del consumo energético debido a que las actividades cotidianas y las nuevas infraestructuras requieren mayor consumo de energía para su funcionamiento. Sin embargo, es importante considerar que cada vez que se emplea energía derivada del petróleo, carbón o gas natural (combustibles fósiles), utilizada en las diversas actividades cotidianas en todos los sectores, incluido el de las edificaciones, se emiten gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono (CO_2), los cuales no solo dañan el medio ambiente, sino que además representan un riesgo inminente para la salud de las personas. De acuerdo con la información más reciente de la Secretaría de Energía, en lo que va del año 2011 se estimó un incremento en la generación de energía eléctrica de 9.5% respecto del año anterior (SENER, 2010).

Es por ello de suma importancia considerar el adecuado equilibrio de los factores ambientales que intervienen en el diseño arquitectónico de cualquier espacio y edificio. La arquitectura bioclimática es una alternativa viable para solucionar los problemas de falta de confort térmico que se presentan en la mayoría de los espacios arquitectónicos y los diferentes géneros de edificaciones.

En este trabajo se presenta un análisis y un diagnóstico de los problemas de falta de confort térmico en las edificaciones por no contar con elementos para modular la radiación

solar. En él, se propone la integración de sistemas de control solar, con el fin de obtener condiciones de confort térmico para los ocupantes y ahorro de energía. Se presenta además una guía de diseño para la aplicación de los dispositivos de control solar en diferentes localidades.

Energy consumption has increased rapidly, particularly after the second half of the 20th century, exacerbated by a more intensive and powerful technology. New global structures around the world habitat demand more and more energy supply. Besides, most of the energy consumed comes from fossil fuels, which provokes a severe environmental damage in the planet, affecting also people's health. Regarding buildings, their consumption is more than half of the energy globally available. In Mexico, recent data shows that this year, electricity consumption has grown 9.5%, compared with the previous year (SENER 2011). Therefore, it is essential to reduce energy consumption in buildings.

A suitable alternative to this situation is the application of bioclimatic architecture. Its practice can provide also ambient comfort conditions. This work analyzed the problems of the lack of thermal comfort in buildings, proposed and effective solar control and investigated its performance in experimental modules. Results showed that the appropriate design and use of shading devices can effectively reduce energy consumption in buildings whilst providing thermal comfort conditions for the occupants. This research concludes with the presentation of a design guide for the application of the most suitable shading devices in various latitudes.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatorias.....	I
Agradecimientos.....	II
Resumen.....	V
Abstract.....	VI

Introducción

Antecedentes.....	1
Planteamiento del problema.....	3
Objetivo General.....	5
Hipótesis General.....	7
Motivación para elaborar la investigación.....	9
Procedimiento metodológico.....	11
Síntesis de capítulos.....	13

Desarrollo del documento (*capitulado*)

Capítulo 1. Análisis de métodos y sistemas de control solar a través del tiempo.

1.1 Interacción de la arquitectura antigua con el medio ambiente.....	17
1.2 Sistemas de control solar a través de la historia de la arquitectura.....	29
1.2.1 Dispositivos de control solar horizontales.....	38
1.2.2 Dispositivos de control solar verticales.....	41
1.2.3 Dispositivos de control solar mixtos.....	42

1.3 Importancia del confort térmico en la arquitectura.....	45
---	----

Capítulo 2. El consumo energético y sus impactos.

2.1 Consumo energético	
2.1.1 Consumo energético en el mundo.....	49
2.1.2 Consumo energético en México.....	53
2.2 Repercusión social, económica y en la salud.....	57
2.3 Hábitos de consumo y su impacto en la arquitectura.....	61
2.4 Repercusiones ambientales del alto consumo energético.....	63

Capítulo 3. Contexto arquitectónico en México.

3.1 Análisis de los proyectos actuales en México	
3.1.1 Desarrollo Habitacional.....	69
3.1.2 Ejemplos eficientes.....	73
3.2 Control solar y normatividad	
3.2.1 Normas Oficiales Mexicanas.....	77
3.2.2 Certificación LEED.....	79
3.2.3 Living Building Challenge (LBC).....	80
3.3 Alternativas para el ahorro energético en México	
3.3.1 Programas de apoyo.....	81
3.3.2 Programa de sustitución de equipos	
electrodomésticos para el ahorro de energía.....	82

Capítulo 4. Análisis de sitio y clima. Caso de estudio: Ciudad de México.

4.1 Análisis de sitio

4.1.1 Superficie y relieve.....85

4.1.2 Población.....87

4.1.3 Industria y construcción.....89

4.1.4 Clima.....90

4.2 Análisis climático

4.2.1 Temperatura (TBS).....93

4.2.2 Humedad Relativa (HR %).....97

4.2.3 Radiación solar.....100

4.2.4 Carta Bioclimática.....102

4.3 Área de pruebas experimentales.....105

Capítulo 5. Aplicación de la geometría solar para el diseño de dispositivos.

5.1 Conceptos básicos de geometría solar

5.1.1 El sol.....113

5.1.2 Esfera Celeste..... 116

5.1.3 Proyección estereográfica.....119

5.1.4 Mascarilla de sombreado.....121

5.1.5 Proyección Ortogonal.....122

5.2 Aplicación de la geometría solar para análisis de la ciudad de México

5.2.1 Proyección estereográfica Ciudad de México.....123

5.2.2 Mascarilla de sombreado sobre proyección

Estereográfica.....	126
----------------------------	------------

5.3 Propuesta de dispositivos según orientación

5.3.1 Dispositivos de control solar propuestos

en orientación sur.....	133
--------------------------------	------------

5.3.1 Dispositivos de control solar propuestos

en orientación oeste.....	137
----------------------------------	------------

Capítulo 6. Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales.

6.1 Desarrollo metodológico de las pruebas experimentales

6.1.1 Periodo de calibración.....	143
--	------------

6.1.2 Metodología para el desarrollo y aplicación de

propuestas de control solar	155
--	------------

6.2 Pruebas experimentales, mediciones y análisis de resultados

6.2.1 Ganancia solar por orientación sur, este y oeste.....	157
--	------------

6.2.2 Control solar con dispositivo en orientación sur.....	165
--	------------

6.2.3 Control solar con dispositivo en orientación oeste.....	173
--	------------

6.3 Análisis e interpretación de resultados.....	181
---	------------

Capítulo 7. Guía de diseño para dispositivos de control solar.

7.1 Interpretación de datos horarios de temperatura

7.1.1 Zona de confort.....	185
-----------------------------------	------------

7.1.2 Datos horarios de temperatura.....	187
7.2 Colocación de datos horarios de temperatura en proyección estereográfica.....	188
7.3 Colocación de mascarilla de sombreado en proyección estereográfica.....	191
7.4 Diseño de dispositivo de control solar.....	194
7.5 Dispositivo de control solar para diferentes orientaciones	
7.5.1 Orientación Norte.....	195
7.5.2 Orientación de 1° a 22.5° Noroeste.....	196
7.5.3 Orientación de 22.51° a 67.49° Noroeste.....	197
7.5.4 Orientación de 67.50° a 89° Noroeste.....	198
7.5.5 Orientación Oeste.....	199
7.5.6 Orientación de 67.50° a 89° Suroeste.....	200
7.5.7 Orientación de 22.51° a 67.49° Suroeste.....	201
7.5.8 Orientación de 1° a 22.50° Suroeste.....	202
7.5.9 Orientación Sur.....	203
7.5.10 Orientación este.....	204
7.6 Proyecciones estereográficas y datos horarios de las ciudades que presentan mayor consumo energético en México.....	204
Conclusiones Generales	215
Referencias.....	218

Referencias de internet.....220

Bibliografía.....221

Anexos

I. Análisis energético del espacio experimental.....225

II. Especificaciones Técnicas.....237

Pág.

Tabla 1. <i>Dispositivos de control solar horizontales.....</i>	38
Tabla 2. <i>Dispositivos de control solar verticales.....</i>	41
Tabla 3. <i>Dispositivos de control solar mixtos.....</i>	42
Tabla 4. <i>Emisiones de bióxido de carbono asociadas al consumo de energía (Tg).....</i>	55
Tabla 5. <i>Temperaturas de la Ciudad de México.....</i>	95
Tabla 6. <i>Datos horarios Ciudad de México.....</i>	95
Tabla 7. <i>Humedad Relativa de la Ciudad de México.....</i>	98
Tabla 8. <i>Datos horarios de la HR de la Ciudad de México.....</i>	98
Tabla 9. <i>Radiación solar de la Ciudad de México.....</i>	101
Tabla 10. <i>Datos Horarios de Radiación solar máxima directa de la Ciudad de México.....</i>	101
Tabla 11. <i>Datos horarios Ciudad de México.....</i>	187

Figura 1. <i>Metodología de Investigación</i>	12
Figura 2. <i>Stonehenge</i>	18
Figura 3. <i>Casa típica de la antigua Grecia</i>	19
Figura 4. <i>Arquitectura de la antigua china</i>	20
Figura 5. <i>Ejemplo de una terma roman</i>	21
Figura 6. <i>El Palacio de Cristal alrededor de 1910. Hyde Park, Londres</i>	24
Figura 7. <i>Parque Güell, pórtico de lavandera</i>	25
Figura 8. <i>Casa de la cascada, Bea Run, Pensilvania</i>	26
Figura 9. <i>La Estoa de Átalo restaurada, Atenas</i>	30
Figura 10. <i>Panteón de Agripa, Roma</i>	30
Figura 11. <i>Ejemplo de protección solar en la arquitectura china</i>	31
Figura 12. <i>Ejemplo de integración de la arquitectura china con el medio natural</i>	31
Figura 13. <i>Palacio Amber, India</i>	32
Figura 14. <i>Detalle de celosía de Palacio Amber</i>	32
Figura 15. <i>Stansted Airport, London, Norman Foster</i>	33
Figura 16. <i>Mercedez Benz Sttugart, Renzo Piano</i>	33
Figura 17. <i>Centro Cultural Tjibaou. Nueva Caledonia. Renzo Piano</i>	34
Figura 18. <i>Academia de Ciencias de California. Renzo Piano</i>	34
Figura 19. <i>Palacio de Alvorada, Niemayer</i>	35
Figura 20. <i>Ministerio de Educación y Salud en Río de Janeiro, Brasil</i>	35
Figura 21. <i>Intercambios térmicos</i>	47
Figura 22. <i>IEO 2005, System for the Analysis of Global Energy Markets</i>	50
Figura 23. <i>Generación mundial de electricidad por combustible</i>	51
Figura 24. <i>Consumo mundial de energía primaria</i>	52

Figura 25. <i>Consumo final energético por sector 2009.....</i>	54
Figura 26. <i>Estacionamiento público col. Ramos Millán.....</i>	62
Figura 27. <i>Curva Keeling.....</i>	64
Figura 28. <i>Incrementos en la atmósfera de los 5 gases responsables del 97% del efecto invernadero.....</i>	65
Figura 29. <i>Predicciones basadas en diferentes modelos del incremento de la temperatura media global.....</i>	66
Figura 30. <i>Anomalía de temperaturas medias en el período 1999 - 2008.....</i>	67
Figura 31. <i>Casa GEO en Reynosa, Tamaulipas.....</i>	70
Figura 32. <i>Casa GEO en Guadalajara.....</i>	70
Figura 33. <i>Casa GEO en Querétaro.....</i>	71
Figura 34. <i>Casas ARA en Chalco, Edo. de México.....</i>	71
Figura 35. <i>Edificio de oficinas en Av. Reforma (fachada noreste).....</i>	72
Figura 36. <i>Edificio de oficinas en Av. Reforma (fachada sureste).....</i>	72
Figura 37. <i>Edificio Habitacional (fachada sureste).....</i>	73
Figura 38. <i>Edificio Habitacional (fachada sureste).....</i>	73
Figura 39. <i>Dispositivos de control solar en Edificio Habitacional (fachada sureste).....</i>	73
Figura 40. <i>Partesol en edificio Habitacional</i>	73
Figura 41. <i>Museo UNIVERSUM (cambio de orientación en ventanas).....</i>	74
Figura 42. <i>Museo UNIVERSUM.....</i>	74
Figura 43. <i>Museo UNIVERSUM (remetimiento de ventanas).....</i>	74
Figura 44. <i>Museo UNIVERSUM (partesoles).....</i>	75
Figura 45. <i>Ciudad de México (Relieves).....</i>	86
Figura 46. <i>División política y población de la Ciudad de México (INEGI).....</i>	88
Figura 47. <i>Foto aérea de la Ciudad de México.....</i>	89
Figura 48. <i>Climas de la Ciudad de México.....</i>	91

Figura 49. <i>Gráfica de temperaturas de la Ciudad de México</i>	96
Figura 50. <i>Gráfica de HR de la Ciudad de México</i>	99
Figura 51. <i>Carta Bioclimática de la Ciudad de México (primer semestre)</i>	103
Figura 52. <i>Carta Bioclimática de la Ciudad de México (segundo semestre)</i>	104
Figura 53. <i>Zona de experimentación (CINVESTAV) México, D.F.</i>	106
Figura 54. <i>Zona de experimentación (CINVESTAV) México, D.F.</i>	106
Figura 55. <i>Armado de módulos con panel COVINTEC</i>	107
Figura 56. <i>Base de concreto armado</i>	107
Figura 57. <i>Repellado cemento-arena</i>	107
Figura 58. <i>Acabado fino</i>	107
Figura 59. <i>Preparación de pintura a base de cal</i>	108
Figura 60. <i>Colocación de pintura a base de cal en muros ambas caras (3 manos)</i>	108
Figura 61. <i>Preparación de impermeabilizante a base de cal, jabón, alumbre y sal</i>	108
Figura 62. <i>Aplicación en losa de impermeabilizante (3 manos)</i>	108
Figura 63. <i>Placas de poliestireno expandido en aberturas.</i>	109
Figura 64. <i>Templo del Kukulcán. Zona arqueológica de Chichen Itzá, México.</i>	112
Figura 65. <i>Movimiento de Translación de la tierra</i>	114
Figura 66. <i>Movimiento de Rotación de la tierra</i>	114
Figura 67. <i>Esfera Celeste</i>	117
Figura 68. <i>Ángulos de altura y acimut</i>	118
Figura 69. <i>Gráfica de proyección estereográfica</i>	120

Figura 70. <i>Mascarilla de sombreado</i>	121
Figura 71. <i>Proyección Ortogonal</i>	122
Figura 72. <i>Proyección Estereográfica primer semestre de la Ciudad de México</i>	124
Figura 73. <i>Proyección Estereográfica segundo semestre de la Ciudad de México</i>	125
Figura 74. <i>Mascarilla de sombreado sobre orientación sur</i>	126
Figura 75. <i>Localización de puntos críticos sobre mascarilla de sombreado</i>	127
Figura 76. <i>Determinación de ángulos sobre mascarilla de sombreado en orientación sur</i>	128
Figura 77. <i>Mascarilla de sombreado sobre orientación ponient</i>	129
Figura 78. <i>Determinación de ángulo sobre Mascarilla de sombreado orientación oeste</i>	130
Figura 79. <i>Determinación de ángulos para dispositivo vertical sobre mascarilla de sombreado en orientación oeste</i>	131
Figura 80. <i>Determinación de ángulos para dispositivo horizontal sobre mascarilla de sombreado en orientación oeste</i>	131
Figura 81. <i>Proyección de ángulos en alzado en orientación sur</i>	132
Figura 82. <i>Proyección de ángulos en planta en orientación sur</i>	134
Figura 83. <i>Diseño de dispositivo de control solar orientación sur</i>	135
Figura 84. <i>Proyección de ángulos en alzado en orientación oeste</i>	136
Figura 85. <i>Proyección de ángulos en planta en orientación oeste</i>	137
Figura 86. <i>Diseño de dispositivo de control solar orientación oeste</i>	138
Figura 87. <i>Ubicación de módulos de pruebas</i>	140
Figura 88. <i>Data Logger USB-2 para medición de TBS y HR</i>	143

Figura 89. <i>Data Logger USB-TC para medición de TBS sobre superficies.....</i>	143
Figura 90. <i>Hobo Data Logger para medición de TBS y HR y TBS en superficies.....</i>	143
Figura 91. <i>Datalogger USB-2 al centro y USB-TC en plafón en.....</i>	144
Figura 92. <i>Hobo Datalogger al centro y en plafón en MP-2.....</i>	144
Figura 93. <i>Datalogger USB-2 al centro y USB-TC en plafón en MP-3.....</i>	144
Figura 94. <i>Pantalla de Stevenson.....</i>	145
Figura 95. <i>Gráfica de TBS. Periodo de calibración, octubre 2010.....</i>	149
Figura 96. <i>Gráfica de TBS. Periodo de calibración día crítico, octubre 2010.....</i>	149
Figura 97. <i>Gráfica de HR. Periodo de calibración, octubre 2010.....</i>	153
Figura 98. <i>Gráfica de HR. Periodo de calibración día crítico, octubre 2010.....</i>	153
Figura 99. <i>MC Todas las orientaciones cerradas.....</i>	157
Figura 100. <i>MP-3 Ventana sur y este abiertas</i>	157
Figura 101. <i>MP-3 Ventanas sur y este abiertas</i>	157
Figura 102. <i>Gráfica de periodo de ganancia solar TBS (°C).....</i>	159
Figura 103. <i>Gráfica de periodo de prueba de ganancia solar TBS día crítico.....</i>	159
Figura 104. <i>Gráfica de periodo de ganancia solar HR (%).....</i>	163
Figura 105. <i>Gráfica de periodo de prueba de ganancia solar HR día crítico.....</i>	163
Figura 106. <i>MC Ventana sur abierta</i>	165
Figura 107. <i>MP-3 Dispositivo óptimo en orientación sur.....</i>	165
Figura 108. <i>MP-3 Dispositivo óptimo en orientación sur.</i>	165
Figura 109. <i>Gráfica de periodo de dispositivo de control</i>	

<i>solar orientación sur TBS (°C).....</i>	<i>167</i>
Figura 110. <i>Gráfica dispositivo de control solar su día crítico TBS (°C).....</i>	<i>167</i>
Figura 111. <i>Gráfica de periodo de dispositivo de control solar orientación sur HR (%).....</i>	<i>171</i>
Figura 112. <i>Gráfica de periodo de prueba de dispositivo de control solar HR día crítico.....</i>	<i>171</i>
Figura 113. <i>MC ventana oeste abierta sin dispositivo de control solar.....</i>	<i>173</i>
Figura 114. <i>MP-3 Dispositivo de control solar óptimo en orientación oeste.....</i>	<i>173</i>
Figura 115. <i>MP-3 Dispositivo de control solar óptimo en orientación oeste. (vista interior)</i>	<i>173</i>
Figura 116. <i>Gráfica de periodo de dispositivo de control solar orientación oeste TBS (°C).....</i>	<i>175</i>
Figura 117. <i>Gráfica dispositivo de control solar oeste día crítico TBS (°C).....</i>	<i>175</i>
Figura 118. <i>Gráfica de periodo de dispositivo de control solar orientación oeste HR (%).....</i>	<i>179</i>
Figura 119. <i>Gráfica de periodo de prueba de dispositivo de control solar oeste HR día crítico.....</i>	<i>179</i>
Figura 120. <i>Proyección estereográfica latitud 19°.....</i>	<i>188</i>
Figura 121. <i>Proyección estereográfica.....</i>	<i>189</i>
Figura 122. <i>Ubicación de datos horarios en proyección estereográfica.....</i>	<i>190</i>
Figura 123. <i>Ubicación de datos horarios en proyección estereográfica.....</i>	<i>190</i>
Figura 124. <i>Fachada en mascarilla de sombreado.....</i>	<i>191</i>
Figura 125. <i>Líneas curvas en mascarilla de sombreado.....</i>	<i>191</i>
Figura 126. <i>Planos inclinados en mascarilla de sombreado.....</i>	<i>191</i>

Figura 127. Mascarilla de sombreado sobrepuesta en la gráfica de la proyección estereográfica.....	192
Figura 128. Líneas radiales en mascarilla de sombreado.....	192
Figura 129. Definición de ángulos de dispositivos.....	193
Figura 130. Definición de ángulos de dispositivos.....	193
Figura 131. Trazo de ángulo para dispositivo vertical en planta.....	193
Figura 132. Trazo de ángulo para dispositivo horizontal en alzado.....	193
Figura 133. Trazo y diseño de dispositivos de control solar.....	194
Figura 134. Diseño óptimo de dispositivo de control solar.....	194
Figura 135. Diseño óptimo de dispositivo de control solar.....	195
Figura 136. Diseño óptimo de dispositivo de control solar.....	196
Figura 136. Diseño óptimo de dispositivo de control solar.....	197
Figura 136. Diseño óptimo de dispositivo de control solar.....	198
Figura 136. Diseño óptimo de dispositivo de control solar.....	199
Figura 136. Diseño óptimo de dispositivo de control solar.....	200
Figura 136. Diseño óptimo de dispositivo de control solar.....	201
Figura 136. Diseño óptimo de dispositivo de control solar.....	202
Figura 136. Diseño óptimo de dispositivo de control solar.....	203
Figura A-1. Proyección de sombras.....	228

INTRODUCCIÓN



ANTECEDENTES

El consumo de energía eléctrica se ha incrementado significativamente en la actualidad, principalmente en aquellos lugares con condiciones climáticas extremas, siendo éstas las principales causas de la rápida disminución de la sensación de confort térmico, especialmente en espacios cerrados. Si a eso se suma un diseño arquitectónico deficiente, que no considera los criterios bioclimáticos básicos para evitar las variaciones bruscas de temperatura en el espacio interior, el resultado es la necesidad de recurrir al uso de aparatos que contribuyan a mejorar las condiciones climáticas del espacio, los cuales consumen un alto porcentaje de energía eléctrica, situación que conlleva al incremento en el costo de la factura de luz, además de la contaminación ambiental.

De acuerdo con información oficial proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad, entidades como Jalisco, Baja California, Coahuila, Ciudad de México, Nuevo León, Chihuahua, Guanajuato, Sonora y Veracruz presentan mayor consumo energético a causa principalmente del excesivo uso de aparatos como ventiladores, aires acondicionados, calefacción, etcétera. Esto repercute en la economía de la población, ya que a pesar de que en la mayoría de las localidades mencionadas existe un subsidio por el servicio eléctrico, la mayor parte de los consumidores tiene que considerar un alto porcentaje de sus ingresos para cubrir la demanda eléctrica que ello les genera (CFE, 2011).

Es importante tomar en cuenta que el diseño bioclimático es una actitud, una manera de relacionarse con el medio ambiente en armonía con la naturaleza. Consiste en generar el

INTRODUCCIÓN

mayor confort ambiental al utilizar los recursos propios del lugar, generalmente renovables como (la luz y calor del sol, viento y la vegetación), lo cual se ve reflejado a largo plazo en ahorro de energía durante la vida útil de los edificios.

Es necesario admitir que la arquitectura bioclimática puede ser una opción viable para contrarrestar este problema, considerando que lo ideal es que los criterios básicos bioclimáticos se apliquen desde la concepción de un proyecto. Sin embargo, en la mayoría de los casos, sobre todo en ciudades con un gran desarrollo arquitectónico, lo que se necesitan son medidas correctivas (García, 1996).

Con base en ello, es importante tener en cuenta que uno de los criterios fundamentales que se consideran dentro de la arquitectura bioclimática es el referente al confort térmico, el cual indica que para alcanzarlo es necesario reducir la diferencia entre la temperatura interior y la temperatura exterior de un espacio. Esto se logra al controlar la incidencia del sol y demás factores exteriores que ocasionan el incremento o disminución de calor dentro de dicho espacio. Es por ello que al aplicar la combinación idónea de dispositivos de control solar y con base en la orientación, clima y época del año (como se puede observar en la arquitectura de algunas antiguas civilizaciones) se consigue reducir significativamente dicha diferencia de temperaturas. Esto contribuye a que los usuarios obtengan un beneficio desde el punto de vista psicológico, económico, de confort, además de coadyuvar al mejoramiento del medio ambiente (Rodríguez, 2011).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La situación actual que presenta la mayoría de las localidades mencionadas, conlleva al planteamiento de alternativas que ofrezcan una solución para conseguir la disminución de los altos consumos energéticos. Por esto, es necesario aplicar los criterios de arquitectura bioclimática, como respuesta viable y funcional a esta realidad.

Al mantener la temperatura interior de un espacio dentro de los límites de confort el mayor tiempo posible, se puede disminuir la necesidad de utilizar aparatos alternos que funcionan con electricidad, lo que también reduce el consumo energético.

Para alcanzar un óptimo control térmico se emplean alternativas, como dispositivos de control solar, que diseñados específicamente con base en un análisis solar previo, ayudan a mantener el equilibrio entre la temperatura interior y la exterior de un espacio determinado, contribuyendo a reducir las ganancias térmicas y a aprovechar al máximo las ganancias lumínicas.

Una de las causas por las que es importante reducir los altos consumos energéticos es (además de disminuir la contaminación ambiental) que también disminuya el impacto económico en la población que se ve afectada por esta situación. Por ello se considera que con los dispositivos de control solar propuestos en este estudio no sólo se logrará la disminución de ganancias térmicas al interior, sino que estos también puedan ser accesibles económicamente para cualquier sector de la población, al tratar de integrar

INTRODUCCIÓN

materiales económicos y fáciles de conseguir, que además ofrezcan un valor funcional y estético.

Este trabajo se enfoca en el desarrollo de dispositivos de control solar que permitan lograr condiciones de confort térmico en espacios habitacionales, optimizando al mismo tiempo el acceso a la luz natural y que a su vez sean económicamente accesibles.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo de esta investigación es generar criterios que permitan obtener la integración adecuada de dispositivos de control solar a través de los cuales (y mediante un procedimiento de cálculo, diseño y evaluación integral) se logre disminuir el incremento de ganancias de calor para alcanzar y/o mantener el confort térmico de un espacio, o bien permitir ganancias de calor en periodos de bajo calentamiento, que puedan ser aplicados en las poblaciones con características climáticas críticas.

Con esto se logra plantear una alternativa que coadyuve a reducir los altos consumos energéticos que originan considerables daños ambientales y significativas pérdidas económicas en los usuarios, contribuyendo además a mejorar su calidad de vida.

INTRODUCCIÓN

HIPÓTESIS GENERAL

La mayoría de los edificios habitacionales y de oficinas en México no cuenta con un sistema de control solar adecuado. Sus ocupantes se ven expuestos a ambientes térmicos de falta de confort, lo que provoca problemas en su salud, productividad, eficiencia en el trabajo y en su economía.

La falta de conocimiento y herramientas que sean de utilidad para arquitectos, ingenieros, constructores y personas que se dediquen al ramo de la construcción es una de las causas por las que al proyectar y construir un edificio no se toman en consideración los principios básicos que pudieran contribuir a un buen diseño que aproveche las condiciones naturales del entorno sin que éstas afecten el confort térmico al interior.

Asimismo, cabe destacar que no existen estudios en los que se analice y proponga la posible integración de dispositivos a las construcciones existentes, que además puedan ser de fácil y accesible colocación, considerando los sistemas constructivos que se emplean en la actualidad, y que se integren arquitectónicamente.

Es por ello que la integración óptima de dispositivos de control solar con base en un análisis que contemple de acuerdo con la latitud del lugar, los meses y las horas de sobrecalentamiento, las orientaciones, así como la integración estética de estos en los espacios que así lo requieren, puede contribuir a generar y/o mantener las condiciones de

INTRODUCCIÓN

confort térmico en un espacio considerando además que con su integración no disminuya las ganancias lumínicas y que sean económicamente accesibles para cualquier sector de la población.

MOTIVACIÓN PARA ELABORAR LA TESIS

En México son pocos los proyectos que consideran el uso de dispositivos de control solar como método de regulación térmica al interior de las edificaciones, y en su caso algunos de ellos no son proyectados con base en un análisis de orientaciones y geometría solar, por lo cual no cumplen con su función. Esto hace necesario el planteamiento de una integración óptima de dispositivos de control solar.

Con esta investigación se pretenden obtener alternativas que sean de gran utilidad para arquitectos, ingenieros, constructores y demás interesados, que de alguna forma tengan la tarea, el interés y/o la necesidad de proponer y llevar a cabo alternativas correctivas para mejorar el confort térmico de un espacio. Así se generarían todos los beneficios psicológicos, ambientales y de costos que esto conlleva. Al mismo tiempo es necesario considerar estas mismas propuestas como un criterio básico para su aplicación, tanto en los proyectos nuevos como en edificios existentes.

INTRODUCCIÓN

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

El procedimiento metodológico que se empleó para el desarrollo de este trabajo se fundamenta en el método hipotético deductivo de corte cuantitativo.

Bajo este lineamiento se pretende, con base en la especulación de los antecedentes exitosos y en los análisis requeridos, que puedan obtenerse resultados concisos y efectivos que permitan coadyuvar en la comprobación de las hipótesis planteadas.

Para ello se llevará a cabo un análisis de los sistemas de control solar empleados en distintas épocas y civilizaciones con el fin de comprender y determinar los sistemas que han funcionado a través de la historia de la arquitectura.

También se considera necesario presentar el panorama actual del consumo energético para conocer las repercusiones que éste tiene sobre los consumidores y su entorno, y la importancia de tomar medidas que contribuyan a su disminución, teniendo en cuenta el contexto arquitectónico que se presenta actualmente en México.

El desarrollo de propuestas que respondan a las necesidades planteadas en la hipótesis de este trabajo, dependerá del análisis de sitio y clima y de la aplicación de geometría solar. Como aportación importante de este trabajo, la parte experimental se realizará en modelos a escala real, con lo que se pretende obtener resultados más parecidos a la realidad lo que permitirá la elaboración de una guía de diseño adecuada (figura 1).

INTRODUCCIÓN

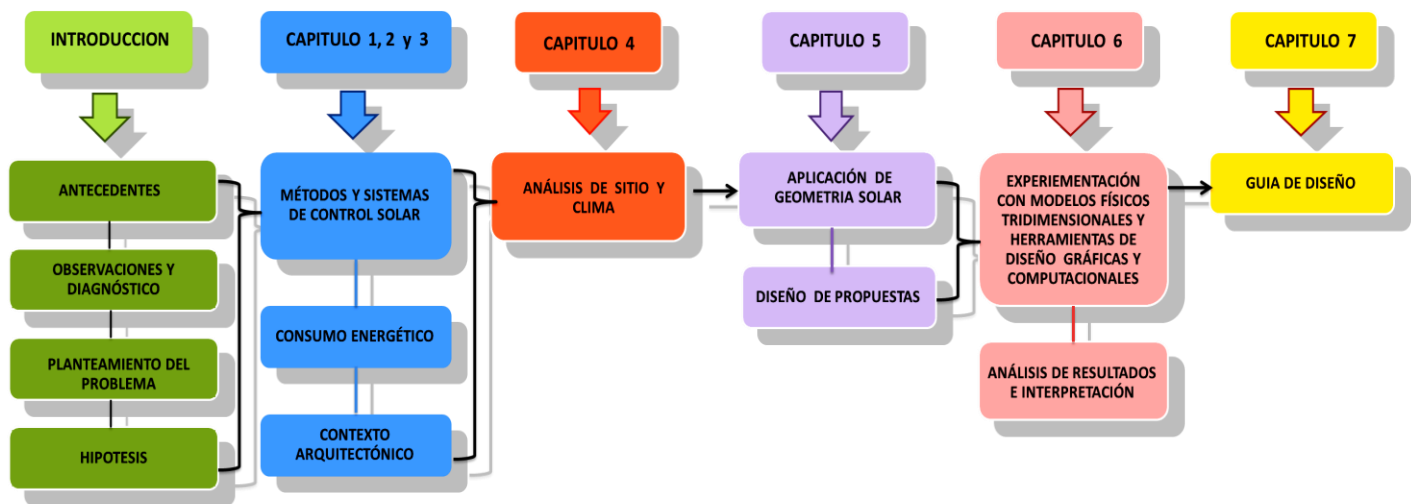


Figura 1. Metodología de Investigación.

SÍNTESIS DE LOS CAPÍTULOS

Para el desarrollo de propuestas eficientes que contribuyan a mantener el confort térmico de un espacio y así mismo generar ahorro de energía fue necesario realizar un análisis de todos los aspectos que de alguna manera pudieran contribuir a lograr los objetivos y alcances planteados en este trabajo, es por ello que a lo largo de cada capítulo se presentan los temas que permitieron llegar a dichos resultados.

CAPÍTULO 1

Análisis de métodos y sistemas de control solar a través del tiempo

El control solar en la arquitectura ha existido desde hace tiempo. Su influencia se ve reflejada en las obras de antiguas civilizaciones, en las que se puede apreciar la concepción que tenían de ésta y su integración con el medio natural. Por ello, resulta conveniente hacer una retrospectiva de los sistemas y métodos que se implementaron para poder comprender y determinar cuáles son las mejores alternativas para aplicarlas en la actualidad.

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 2

El consumo energético y sus impactos

Las consecuencias del excesivo consumo energético afectan no sólo ambientalmente, también repercuten en la economía y en la salud de los consumidores. Así, es importante conocer los impactos que pueden suscitarse en estas áreas si no se toman las medidas necesarias para lograr una disminución.

CAPÍTULO 3

Contexto arquitectónico en México

El desarrollo arquitectónico en México se ha dado de una manera acelerada, intrínsecamente ligado al rápido crecimiento de población, que se ha presentado en las últimas décadas. Esta situación ha respondido al estilo de vida contemporáneo que en la mayoría de los casos no considera los fundamentos básicos de una arquitectura funcional.

CAPÍTULO 4

Análisis de sitio y clima. Caso de estudio: Ciudad de México

Como indica la arquitectura bioclimática, es necesario conocer las características del sitio para poder determinar las estrategias óptimas que se requieren para lograr un buen proyecto. Las propuestas que se derivan de las pruebas realizadas en este trabajo son planteadas para la Ciudad de México, por lo que se llevó a cabo el análisis de sitio y clima correspondiente.

CAPÍTULO 5

Aplicación de la geometría solar para el diseño de dispositivos

El estudio de la trayectoria del sol y la influencia que tiene sobre la tierra es fundamental para lograr un adecuado sistema de control solar, ya que al conocer los ángulos de incidencia solar se pueden diseñar los dispositivos de control solar óptimos. Para ello es necesario conocer y aplicar los conceptos básicos de la geometría solar.

CAPÍTULO 6

Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales

En este capítulo se presentan las pruebas que se llevaron a cabo para este trabajo de investigación, así como la medición de temperatura y humedad relativa resultante de la colocación de dispositivos de control solar óptimos diseñados con base en los análisis de sitio y climáticos y con la aplicación de la geometría solar, así como el análisis de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 7

Guía de diseño para dispositivos de control solar

En este capítulo se propone una guía de diseño en la que se detalla la metodología para el diseño óptimo de dispositivos de control solar.

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1

Análisis de métodos y sistemas de protección solar a través del tiempo



I.I INTERACCIÓN DE LA ARQUITECTURA ANTIGUA CON EL MEDIO AMBIENTE

Desde el comienzo de la humanidad, el hombre ha buscado resguardarse y protegerse de las inclemencias del tiempo y de los ataques de animales. Siempre estuvo en contacto con el medio natural, basándose de éste para fabricar sus refugios. Esta necesidad de adaptabilidad y el mismo ingenio humano han permitido que a lo largo de su existencia y evolución, el hombre se asiente en diversas regiones con características climáticas totalmente diferentes.

Un factor determinante que predominó desde un principio fue la búsqueda de sentirse, además de protegido, en un ambiente confortable que asegurara una estancia más cómoda y agradable para los ocupantes de ese espacio, cualidad que en hoy en la mayoría de las nuevas tendencias constructivas de nuestro país se ha dejado de lado.

El hombre primitivo se valía de los recursos naturales que existían en su entorno para poder construir sus viviendas. Para poder realizar sus actividades y sobrevivir a pesar de las diferentes condiciones climáticas, se veían en la necesidad de buscar y obtener diversas fuentes de energía. En un principio esta energía la obtenían principalmente del sol y del calor y de la luz producida por la combustión de la madera (Rodríguez, 2011).

Al paso del tiempo diversas civilizaciones fueron adaptando y perfeccionando los sistemas y procesos constructivos de acuerdo con sus necesidades. Obtuvieron con ello métodos y técnicas que facilitaban la construcción de los espacios. Además, consideraban como factor primordial la satisfacción de los requerimientos de espacio y confort de las nuevas

sociedades. Todo ello considerando el entorno en el que se desenvolvían y los materiales naturales que tenían a su alcance.

Es importante recordar que además de los aspectos mencionados, culturas como la egipcia, la maya, la griega, entre otras, se caracterizaron por su vasto conocimiento astronómico, mismo que consideraban para planear y construir sus ciudades, lo cual se ve reflejado en la arquitectura de estas regiones. Este conocimiento los llevó a diseñar especialmente espacios dedicados para celebrar o rendir cultos en determinadas fechas del año (figura 2).



Figura 2. Stonehenge. Monumento neolítico de la Edad del Bronce, situado cerca de Amesbury en Wiltshire, Gran Bretaña.

Fuente: Wikimedia.

En numerosas ciudades de la antigua Grecia se pueden observar claramente métodos de aprovechamiento de las condiciones naturales en la arquitectura. Sus ciudades se ordenaban reticularmente. Los espacios habitables eran orientados al sur y comunicados

con un patio a través de un pórtico que los protegía del sol alto del verano, y a su vez permitía penetrar el sol bajo del invierno (figura 3). Es así como los griegos descubrieron desde muy temprano este elemental principio de diseño bioclimático para regiones frías y templadas del hemisferio norte, que ha sido reiteradamente empleado a lo largo de la historia en infinitud de culturas y localizaciones geográficas (González, 2003).

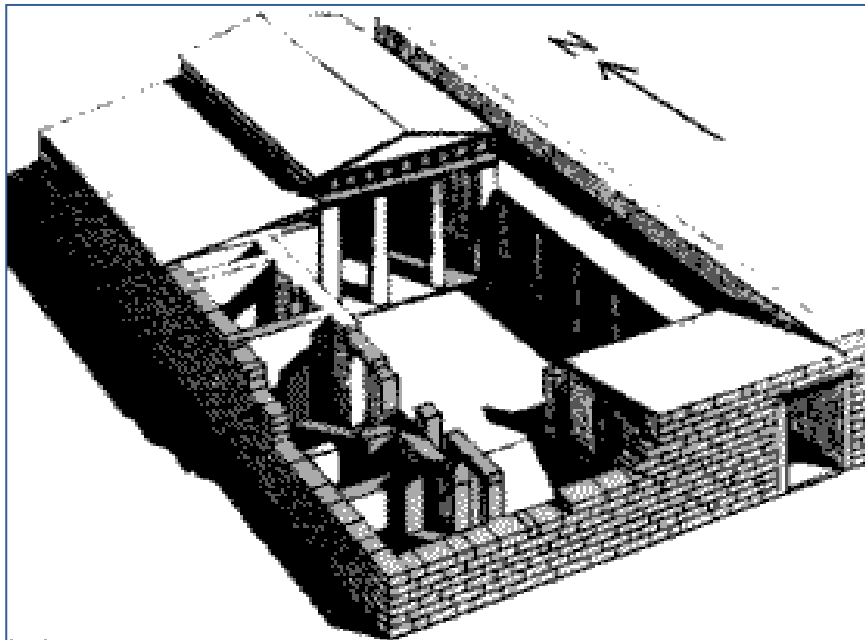


Figura 3. Casa típica de la antigua Grecia.

El pórtico orientado al sol protegía las habitaciones del sol alto de verano y permitía el paso del sol bajo de invierno.

Fuente: Apuntes sobre arquitectura bioclimática. Dania González Couret.

CAPÍTULO I. *Análisis de métodos y sistemas de control solar a través del tiempo*

Este principio se utilizó también en la antigua China y en el Imperio Romano (figuras 4 y 5). Los romanos descubrieron además el efecto invernadero. Usaban en sus baños y termas una especie de vidrio producido a partir de capas delgadas de mica que colocaban en ciertas zonas de las termas, regularmente orientadas al noroeste, con lo que buscaban la máxima captación solar en horas de la tarde y fundamentalmente durante el invierno (Butti, 1985).



Figura 4. Ejemplo de arquitectura de la antigua China.

Esta arquitectura adoptó características del imperio griego como los pórticos, espacios protegidos del sol de verano, además de la integración con el medio natural tan representativo de esta cultura.

Fuente: <http://sobrechina.com/2009/05/24/arquitectura-china-reflejo-de-su-cultura/>



Figura 5. Ejemplo de una terma romana (Terma de Trajano).

Fuente: <http://sobrechina.com/2009/05/24/arquitectura-china-reflejo-de-su-cultura/>

El Imperio Romano ocupó un amplio territorio con diferentes condiciones climáticas, algunas de las cuales variaban de manera considerable a lo largo del año. En estos casos resultaba difícil lograr en todo momento condiciones ambientales interiores apropiadas solo mediante el diseño arquitectónico. Por tanto, optaron por ubicar los espacios interiores de las viviendas en las diferentes estaciones (por ejemplo, se recomendaba ubicar el comedor hacia el oeste en invierno). Existían incluso residencias para usar solo por temporadas. La experiencia de los romanos del periodo clásico en materia de diseño bioclimático quedó sintetizada en los tratados de Vitrubio, objeto de estudio para los arquitectos del mundo a lo largo de la historia (González, 2003).

Se puede afirmar que desde los orígenes de la arquitectura se han considerado los aspectos del medio natural en el que se desarrolla, reflejando así las tradiciones y experiencias transmitidas de una generación a otra. Esto responde al contexto y busca, a través de la sabiduría popular, sacar el mayor partido posible de los recursos naturales disponibles maximizando así la calidad de vida y el confort de los ocupantes.

Con la llegada de la globalización, que inició en gran parte con las guerras de conquista de los antiguos imperios, se comenzó a transformar el ritmo arquitectónico de las ciudades. Los imperios dominantes imponían su arte, su cultura y su arquitectura a los pueblos conquistados, en contraposición con los elementos vernáculos, entre ellos la arquitectura popular tradicional que sí respondía inteligentemente a las condiciones específicas de su medio mediante el diseño bioclimático, entre otros factores.

Otro factor determinante en los cambios radicales que ha sufrido la arquitectura, es la emigración masiva de los campesinos hacia las ciudades en busca de empleo en las grandes industrias, provocado por la Revolución industrial durante el siglo XIX. Esta situación desencadenó la creación de comunidades para la residencia de gran cantidad de familias. Se consideró que dichos espacios estuvieran diseñados de tal manera que evitaran la propagación de epidemias y enfermedades que podían generarse. Esto mereció la atención de industriales capitalistas y del propio Estado, hacia la creación de comunidades obreras de nuevo tipo, con un enfoque higienista, consideradas por algunos como “comunidades solares”, que constituyeron el origen de lo que posteriormente definió como «movimiento moderno» en la arquitectura y el urbanismo del siglo XX.

En estas nuevas comunidades, los edificios largos y estrechos se ubicaban en un espacio predominantemente verde y separados entre sí, a una distancia suficiente para permitir el acceso de todos los espacios interiores al sol y aprovechar así su efecto higienizante y térmico. Los promotores de este modelo, surgido en los países fríos del norte de Europa, redescubrieron el principio de la orientación y la protección aplicado muchos siglos antes por los griegos.

Cabe destacar también el gran giro que tomó la arquitectura durante este periodo con la integración de nuevos materiales, como el vidrio y el metal, en las grandes obras de reconocidos arquitectos. Un ejemplo de ello es el Palacio de Cristal, ideado por el genio de Joseph Paxton y dedicado a albergar la Gran Exposición de 1851, localizada en Hyde Park (figura 6). Fue posteriormente desmontado, modificado, ampliado y trasladado a otro espacio al sur de la capital inglesa. La belleza de sus líneas, su simplicidad, su gran tamaño y la excelente luminosidad que proporcionó a sus espacios interiores supusieron toda una revolución en el arte de la construcción y llamaron tanto la atención de otros diseñadores y arquitectos, que a partir de entonces se empezaron a plantear el uso a gran escala de los materiales que la industria ponía en sus manos, más allá del simple ladrillo. El acero y el vidrio comenzaron en este histórico lugar su reinado, que perdura hoy, por ejemplo, en muchos rascacielos. No obstante, era demasiado caro de mantener y comenzó a deteriorarse peligrosamente. Su trágico final ocurrido el 30 de noviembre de 1936, cuando un feroz incendio destruyó el sueño de Joseph Paxton, simbolizando también el fin de una era (González, 2003).



Figura 6. *El Palacio de Cristal alrededor de 1910. Hyde Park, Londres.*
Fuente: www.alpoma.net/tecob/?p=485

Una nueva era estaba naciendo. El vapor y el carbón dejaron paso a una tecnología maravillosa que, tal y como ya se sospechaba entonces, cambiaría el mundo para siempre. La electricidad y, más tarde, la electrónica, vivieron algunos de sus primeros pasos importantes en el tiempo y lugar en que el gigante de cristal desaparecía. A principios del siglo XX el Modernismo planteó buenas ideas respecto de la creación de las obras arquitectónicas y entabló una interacción con la naturaleza. Desde las obras de Antonio Gaudí llenas de formas (figura 7), hasta la inquietud de Frank Lloyd Wright de integrar el quehacer de las máquinas a la naturaleza, se ha entablado desde entonces esa lucha sintáctica llamada de muchas maneras (“arquitectura ecológica”, “orgánica”,

“ambientalista”, “biosostenible”), la verdadera integración de la arquitectura a la naturaleza desde muchas perspectivas. Gaudí planteo copiar la naturaleza en todas sus formas: viento, agua, olas, gravedad, etcétera. Por otro lado, Wright integra la tecnología con los caprichos naturales, sin formas específicas, sin estilos, sin copias porque nada igual existe en la naturaleza y nunca hay dos huellas digitales iguales. En su última etapa profesional, Wright es redescubierto por la crítica y los constructores en su propio país. Realizará entonces sus obras más conocidas, como la Casa de la Cascada (figura 8), que se puede considerar como el manifiesto de la arquitectura orgánica, por la completa integración de vivienda y entorno natural (Benavente, 2009).



Figura 7. *Parque Güell, pórtico de lavandera.*

Fuente: <http://www.mundofotos.net/foto/catalonia/664123/arcos-parque-guell>

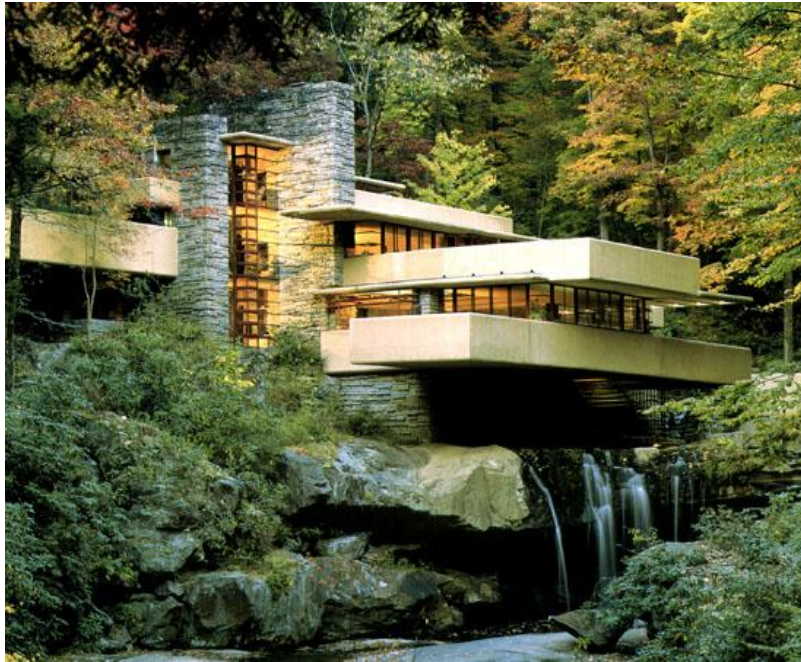


Figura 8. Casa de la cascada, Bea Run, Pensilvania.

Fuente: <http://www.casasyfachadas.com/2010/03/>

El movimiento moderno, no obstante, dio origen al llamado «estilo internacional», que se extendió nuevamente por todo el planeta, sin considerar costumbres, idiosincrasia, tradiciones ni condiciones climáticas de cada sitio, gracias a la proliferación de los sistemas artificiales de climatización e iluminación, altos consumidores de energía convencional (González, 2003).

Lo anterior se vio reflejado al comienzo de este siglo. Si bien hoy en día comienza a surgir la preocupación por la conservación del medio ambiente, no obstante la integración de nuevos materiales y sistemas constructivos que satisfacen principalmente los intereses relacionados con el beneficio costo-tiempo que son empleados por las constructoras encargadas de grandes desarrollos tanto habitacionales, comerciales y de oficinas, ha

propiciado que se deje a un lado las grandes aportaciones que las antiguas civilizaciones consideraban en su arquitectura y sobre todo su perspectiva de concebir los espacios arquitectónicos como elementos integrados con su entorno. Como consecuencia, se puede confirmar que el crecimiento acelerado de la población mundial aunado al interés económico de las grandes compañías que han abarcado el mercado constructivo, han predominado por encima de los valores y cualidades que una buena arquitectura solía considerar como la pauta y base de su desarrollo.

Por ello es necesario comprender que la calidad de un objeto arquitectónico dependerá también de la respuesta que ofrezca a la realidad ambiental del lugar donde se emplaza. Una actitud respetuosa ante el medio ambiente traerá beneficios de índole económica, no por tener una dependencia total de tecnologías extranjeras de más alto costo, si no por el simple hecho de que los procedimientos tradicionales no siempre exigen materiales muy sofisticados, además de los beneficios de confort que proporcionan, evitando con ello el uso innecesario de la energía.

CAPÍTULO I. *Análisis de métodos y sistemas de control solar a través del tiempo*

1.2 SISTEMAS DE CONTROL SOLAR A TRAVÉS DE LA HISTORIA DE LA ARQUITECTURA

Es importante considerar que cada individuo tiene su propia concepción del mundo, su propia idea del arte, cada quien ve una piedra desde distinto ángulo y tiene para cada uno un uso diferente, una textura distinta, cada color tiene una idea espacial que difiere en el ánimo de cada individuo. Desde la megalomanía de los griegos y romanos hasta la oscura y tosca arquitectura medieval el hombre ha creado su propia naturaleza arquitectónica y la ha integrado al pensamiento y la cultura. A pesar de esa individualidad que caracteriza al ser humano, existen generalidades que lo definen como sociedad, y si algo se tiene en común con los primeros creadores de arquitectura, es la búsqueda de resguardo de las inclemencias del tiempo, y la búsqueda de un lugar que además ofrezca confort y protección (Benavente, 2009).

En sus inicios, la arquitectura tenía la cualidad de brindar a los usuarios la protección contra los factores externos. Estas medidas surgieron a partir de la observación de los fenómenos naturales, tal es el caso de los griegos, quienes basaban la planeación de sus ciudades en sus conocimientos astrológicos, para que, con base en una adecuada orientación pudieran beneficiarse del sol en invierno y protegerse del mismo en verano, a través de pórticos, galerías y sistemas provisionales de cubiertas. Estos son considerados como las primeras propuestas de dispositivos de control solar (figuras 9 y 10).

CAPÍTULO I. *Análisis de métodos y sistemas de control solar a través del tiempo*



Figura 9. *La Estoa de Átalo restaurada, Atenas.*

Fuente: <http://es.encydia.com/pt/Stoa>



Figura 10. *Panteón de Agripa, Roma.*

Fuente: <http://www.vuelosalmundo.es/2010/05/28/el-panteon-de-agripa/>

CAPÍTULO I. Análisis de métodos y sistemas de control solar a través del tiempo

Estos sistemas fueron usados y perfeccionados por los romanos y los chinos. Estos últimos aportaron el uso de aleros, grandes espacios y kioscos semicubiertos para permitir la ventilación pero al mismo tiempo brindar protección contra el sol, así como los muros corredizos y celosías (figuras 11 y 12), empleadas también en culturas como la maya y en la India, pero a diferencia de la celosía en la arquitectura china esta se hacía de manera fija para usarla como control visual y solar (figuras 13 y 14) .



Figura 11. *Ejemplo de protección solar en la arquitectura china.*

Fuente: <http://www.yunphoto.net/es/photobase/yp4308.html>



Figura 12. *Ejemplo de integración de la arquitectura china con el medio natural.*

Fuente: <http://www.yunphoto.net/es/photobase/yp4308.html>



Figura 13. *Palacio Amber, India*

Fuente: <http://www.travelblog.org/Photos/1197808>

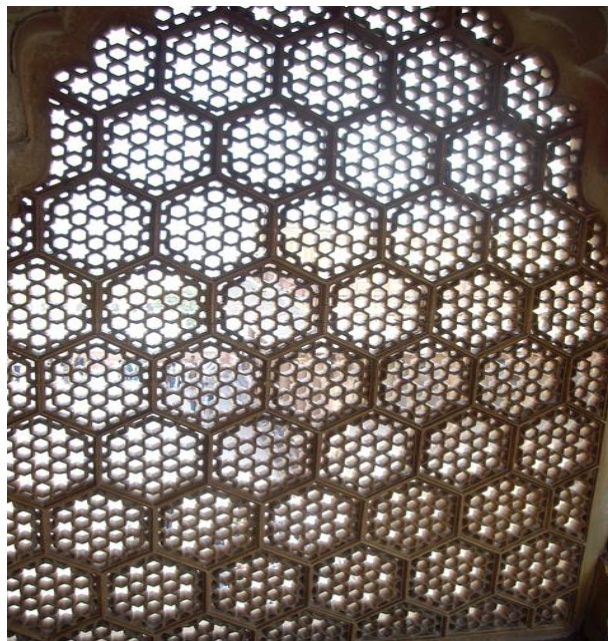


Figura 14. *Detalle de celosía de Palacio Amber*

Fuente: imagen de <http://www.viajarasia.com/2008/05/10/el-increible-palacio-amber-en-la-india/>

CAPÍTULO I. Análisis de métodos y sistemas de control solar a través del tiempo

A partir del siglo XX la arquitectura moderna trae consigo el conjunto de corrientes o estilos de la arquitectura que se desarrollaron a lo largo del siglo en todo el mundo. Esta arquitectura se ha caracterizado por la simplificación de las formas, la ausencia de ornamento y la renuncia consciente a la composición académica clásica, la cual fue sustituida por una estética con referencias a la distintas tendencias del arte moderno, como el cubismo, el expresionismo, el neoplastismo, el futurismo y otros (Benévolo, 1977).

Es en esta época cuando se pueden encontrar aportaciones desde los arquitectos contemporáneos como Norman Foster, cuyas obras en un inicio se caracterizan por un estilo *high-tech* muy pronunciado, aunque más adelante las líneas de sus edificios se suavizan y desaparece en buena parte ese carácter técnico llevado al extremo, resaltando en sus proyectos una clara aportación de control solar que se ve estéticamente integrada al diseño del proyecto, como el aeropuerto Stansted en Londres (figura 15). También encontramos la obra del premio Pritzker: Renzo Piano (figuras 16, 17 y 18), quien desde 1977 cambiaría el curso de la arquitectura moderna con la construcción del Centro Georges Pompidou.



Figura 15. Stansted Airport, London, Norman Foster .
Dispositivos de control solar horizontales en fachada principal.

Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/File:London_Standed_Airport.jpg



Figura 16. Mercedes Benz Stuttgart, Renzo Piano.

Fuente: http://tour.archi.com/buildddb_artist.htm?no=154

CAPÍTULO I. *Análisis de métodos y sistemas de control solar a través del tiempo*

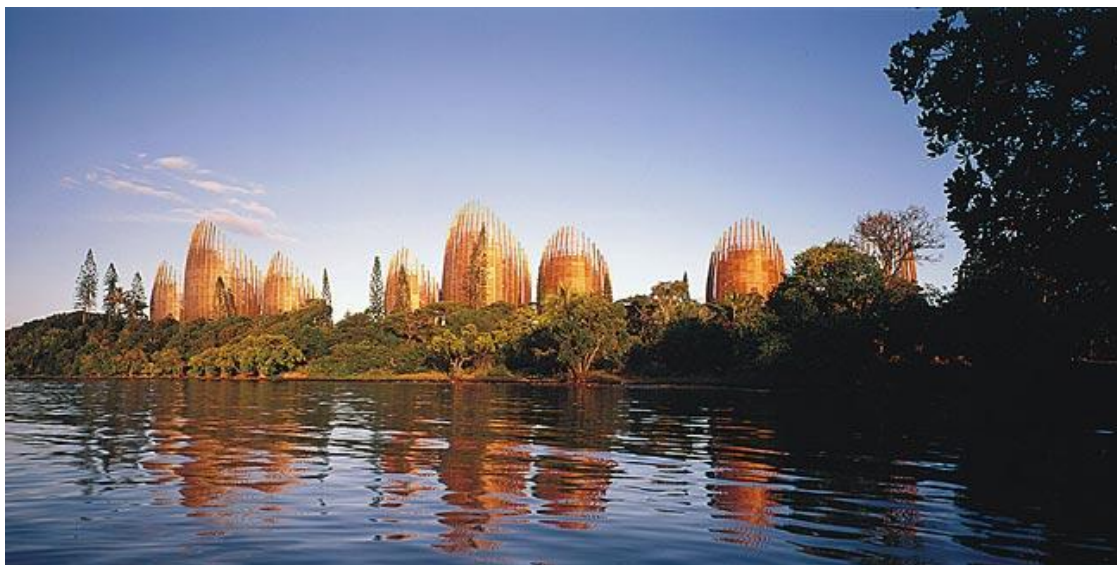


Figura 17. Centro Cultural Tjibaou. Nueva Caledonia. Renzo Piano.

Sistema con doble envoltente y celosías para control solar y aprovechamiento de la ventilación natural. Fachadas principales orientadas al sur geográfico. Uso de vegetación y volados para control solar de espacios de acceso público.

Fuente: <http://arturosilvasantisteban.blogspot.com/2009/11/renzo-piano.html>



Figura 18. Academia de Ciencias de California. Renzo Piano.

Envoltente edificatoria de vegetación funciona como sistema integral de dispositivos de control solar.

Fuente: <http://monolitho.labin.pro.br/?p=736>

CAPÍTULO I. Análisis de métodos y sistemas de control solar a través del tiempo

Renzo Piano no ha dejado de evolucionar y sorprender con cada uno de sus proyectos. Sus innovadores diseños, lejos de ser casuísticos o ambiguos, como a veces se ha dicho, han sido configurados en estrecha relación con el marco geográfico y cultural en el que están asentados, así como con la función y los destinatarios de los mismos.

Vale la pena mencionar las grandes aportaciones de los arquitectos Oscar Niemeyer en Sudamérica (figuras 19 y 20). Fue un seguidor y gran promotor de las ideas de Le Corbusier, y es considerado uno de los personajes más influyentes de la arquitectura moderna internacional, además de ser reconocido por sus grandes obras como en Brasilia, en donde colaboró como arquitecto principal de los edificios de la capital de Brasil, declarada Patrimonio Cultural de la Humanidad. Es la única ciudad construida en el siglo XX que ha recibido este honor (Benévolo, 1977).



Figura 19. *Palacio de Alvorada, Niemeyer.*
Fuente: <http://www.thecoolist.com/brazilian-architecture-10-breathtaking-modern-monuments/>



Figura 20. *Ministerio de Educación y Salud. Río de Janeiro, Brasil Oscar Niemeyer. Dispositivos de control solar de celosía en fachada sur.*
Fuente: <http://migrandtour.blogspot.com/2010/05/le-corbusier-carioca-la-llegada-del.html>

Es entonces que, al repasar la historia de la arquitectura, se puede comprobar que en cada época se han empleado métodos de control solar que han logrado adaptarse a cada cultura y estilo, con estética y eficiencia en su función.

En la actualidad suele suponerse que los dispositivos de control solar son elementos que se agregan a las ventanas con el único fin de proporcionar obstrucción del sol, sin considerar que un buen dispositivo de control solar debe ser inherente al diseño integral de la edificación. Cabe resaltar también que al momento de diseñar las fachadas, ventanas y aberturas de un proyecto, los parámetros que se deben de tener en cuenta tienen que ser tanto en el aspecto térmico como en el lumínico, ya que al lograr el equilibrio entre estos se definirá el óptimo funcionamiento de los dispositivos. (Rodríguez, 2001).

Se debe considerar también que existen aspectos esenciales para determinar el dispositivo de control solar adecuado para cada proyecto, como la orientación general del mismo, la ubicación de cada uno de sus espacios dependiendo de su uso, la definición de los tipos de sistemas para la climatización que se utilizarán, ya sea pasivos, directos o indirectos, así como los materiales, su ubicación, tipo de clima y proporción entre vanos y macizos. Por ello, se puede afirmar que los dispositivos de control solar surgen como parte del proyecto y no como elementos agregados (Rodríguez, 2001).

Se dice que la principal estrategia de enfriamiento en climas cálidos es en definitiva el control solar (Olgyay, 1976).

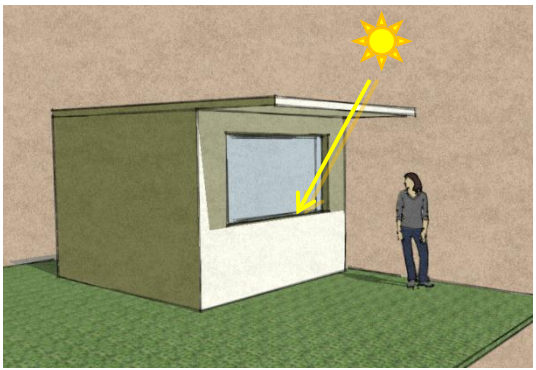
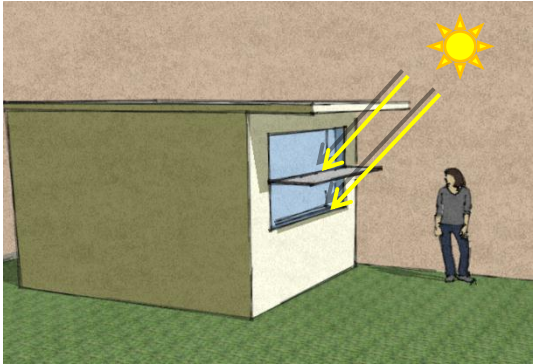
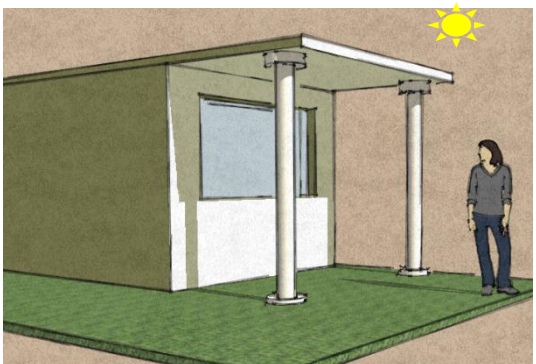
Un parámetro importante que se debe tener en cuenta al momento de diseñar un dispositivo de control solar, es que estos pueden definirse en función de su posición respecto de los planos que delimitan el espacio arquitectónico y, en particular, de la fachada, por lo tanto, los dispositivos pueden ser, de acuerdo con el ángulo de protección solar que se requiera: *horizontales, verticales y mixtos*, descritos a continuación.

1.2.1 DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR HORIZONTALES

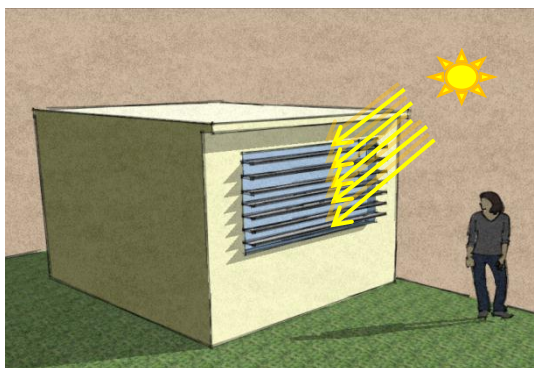
Los dispositivos de control solar horizontales son aquellos que se diseñan sobre un plano horizontal respecto de la fachada. Son los idóneos para la orientación sur en las latitudes de las ciudades de la República mexicana (tabla 1).

Tabla 1. *Dispositivos de control solar horizontales*

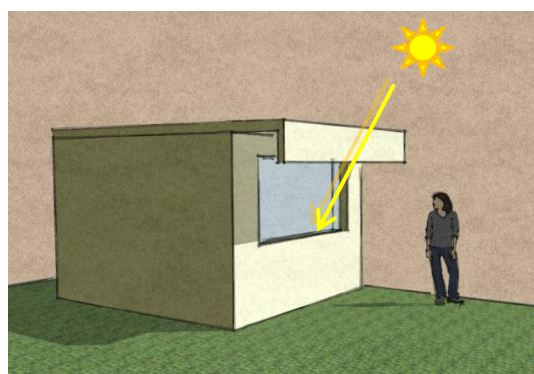
Imágenes: autor. Programa: SketchUp basados en dispositivos de control solar horizontales (Rodríguez, 2001).

	<p>ALERO, VOLADO O VOLADIZO. El alero se forma por la extensión de la techumbre que rebasa los muros, el volado o voladizo se refiere a cualquier elemento que sobresale del paramento vertical. Estos generalmente son elementos macizos u opacos. No obstante, en la actualidad se utilizan elementos perforados o translúcidos, tipo pérgola o rejilla.</p>
	<p>REPISA. Elementos horizontales tipo ménsula colocados dentro del claro de la ventana. Generalmente se suelen utilizar también como dispositivos de iluminación natural debido a que permiten reflejar los rayos solares hacia el plafón.</p>
	<p>PÓRTICO. Espacio o galería cubierta, sostenida por columnas o arcadas. Generalmente se ubica a lo largo de la fachada. Funciona además como un espacio de transición entre los espacios abiertos y cerrados, o también puede usarse como un espacio de circulación o utilitario.</p>

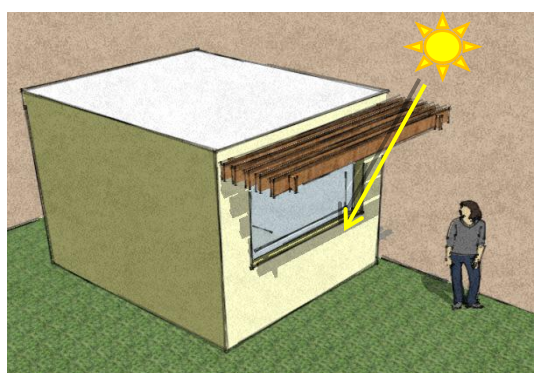
CAPÍTULO I. Análisis de métodos y sistemas de control solar a través del tiempo



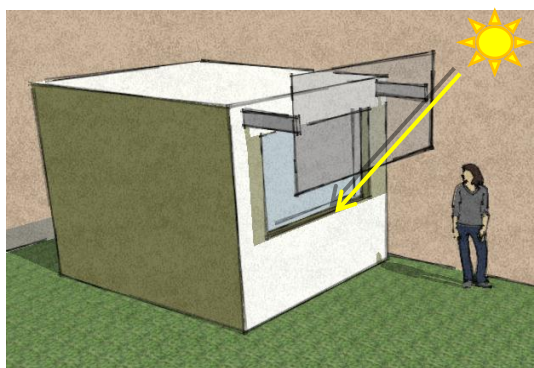
PERSIANA (HORIZONTAL). Dispositivo formado por elementos horizontales o tablillas que impiden el paso de los rayos solares pero al mismo tiempo permiten el paso de luz y aire. Este dispositivo puede colocarse al interior o al exterior, aunque para efectos de control térmico es recomendable que se ubiquen en el exterior. Pueden ser fijas o giratorias.



FALDÓN. Se conoce como faldón a cualquier elemento vertical que desciende del extremo de un alero o volado. Este puede ser macizo, tipo persiana o celosía.

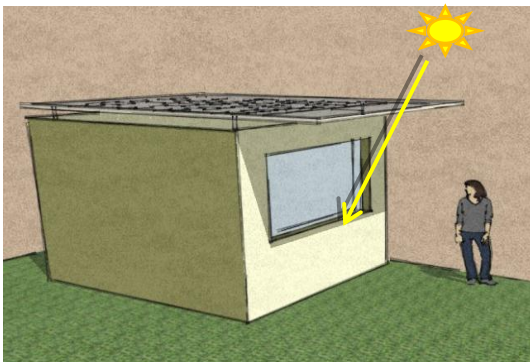


PÉRGOLA. Enrejado o viguería a manera de techumbre. Generalmente se relaciona con vegetación de enredaderas o trepadoras, concepto que suele usarse en la actualidad con pergolados tipo persiana o rejilla.

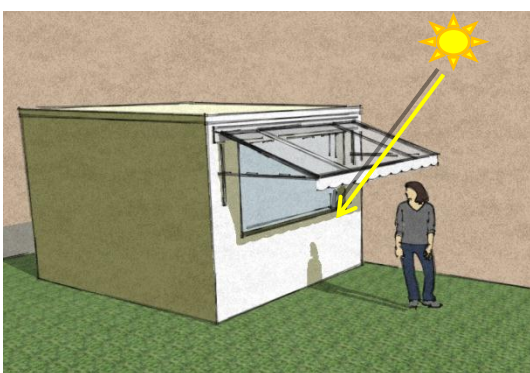


PANTALLA. Elemento vertical colocado frente a la ventana, generalmente suspendida del alero o volado. Se emplea para obstruir los rayos solares y también puede ser maciza, tipo persiana o celosía.

CAPÍTULO I. Análisis de métodos y sistemas de control solar a través del tiempo



DOBLE TECHUMBRE. Funciona como techo escudo con cámara de aire ventilada. Se usa para sombrear toda la techumbre lo cual evita las ganancias térmicas que se obtienen de la radiación solar.



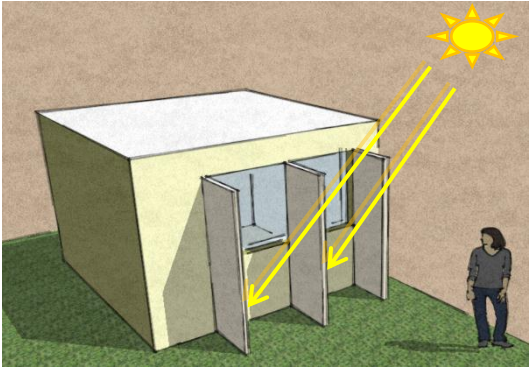
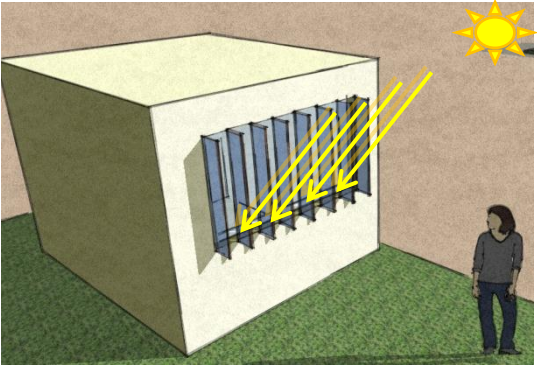
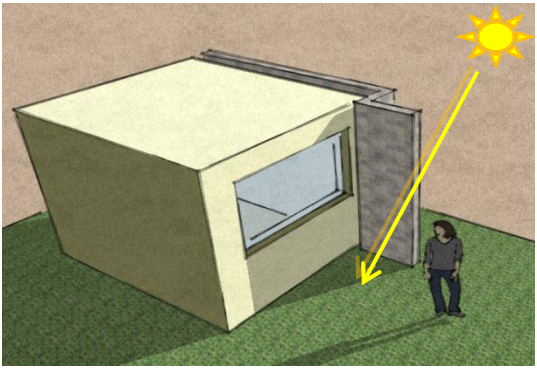
TOLDO. Elemento de control solar consistente en una cubierta fija o plegable hecha de lona u otro tipo de tela. Funciona muy bien para controlar los niveles de iluminación ya que tiene la ventaja de poder ser translúcida.

1.2.2 DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR VERTICALES

Los dispositivos de control solar verticales son elementos que se colocan sobre el plano vertical respecto de la fachada. Son recomendables para orientaciones este y oeste en las latitudes de las ciudades de la República mexicana (tabla 2).

Tabla 2. Dispositivos de control solar verticales

Imágenes: autor. Programa: SketchUp basados en dispositivos de control solar horizontales (Rodríguez, 2001).

	<p>PARTESOL. Consiste en uno o varios elementos verticales salientes de la fachada y que sirve para bloquear los rayos solares. Puede ser parte de la fachada o un elemento separado. Se puede colocar perpendicular u oblicuo respecto de la fachada, aunque lo ideal es definir la inclinación en relación con los rayos solares que se requieran bloquear.</p>
	<p>PERSIANA (VERTICAL). Al igual que la persiana horizontal, está conformado por elementos o tablillas pero verticales, que de igual manera impiden el paso de los rayos solares pero permiten el paso de luz y aire. También pueden ser fijas o giratorias en su eje vertical.</p>
	<p>MURO DOBLE. Tiene las mismas características del techo doble, solo que éste se coloca frente al muro que se requiere proteger, y al igual que en el techo doble, la cámara aire permite la ventilación natural y al mismo tiempo proporciona sombreado sobre la totalidad del muro para evitar ganancias térmicas, incluso puede sobrepasar los límites del muro protegido funcionando al mismo tiempo como un partesol.</p>

1.2.3 DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR MIXTOS

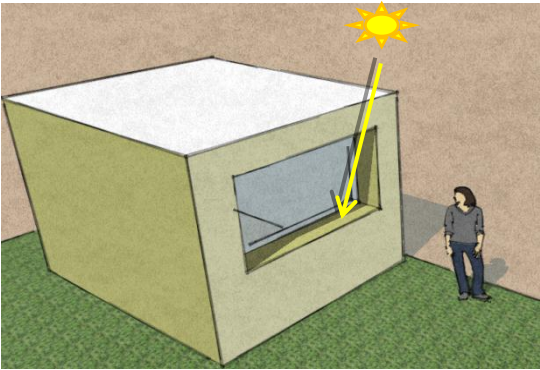
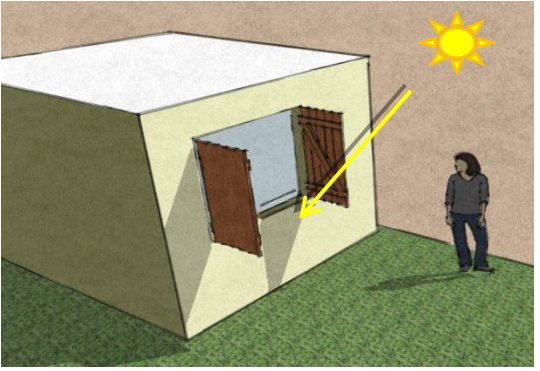
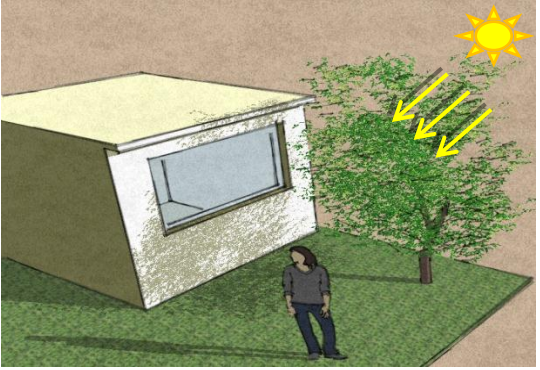
Los dispositivos de control solar mixtos se forman al aplicar la combinación de dispositivos verticales y horizontales y son los más convenientes para las orientaciones este y oeste en las latitudes de las ciudades de la República mexicana (tabla 3).

Tabla 3. *Dispositivos de control solar mixtos*

Imágenes: autor. Programa: SketchUp basados en dispositivos de control solar horizontales (Rodríguez, 2001).

	<p>MARCO. Es la combinación de alero, repisón y pertesoles lo que permite rodear el perímetro de la ventana protegiéndola de los rayos solares.</p>
	<p>CELOSÍA. Se forma al combinar las persianas verticales y horizontales, generando un entramado que puede incluso tener alguna forma específica y que sirve además como barrera visual, permitiendo solo el paso de luz y viento.</p>
	<p>CAMBIO DE ORIENTACIÓN DE VENTANAS. Cuando la orientación de la fachada no es favorable, se puede generar un cambio de orientación en la ventana con una especie de marco que permite dirigir la ventana hacia una orientación más conveniente.</p>

CAPÍTULO I. Análisis de métodos y sistemas de control solar a través del tiempo

	<p>REMETIMIENTO. Consiste en colocar la ventana sobre el límite interior del muro, lo que implica que el muro ya sea solo en el área de ventana o a lo largo de toda la fachada, sea de un ancho tal que permita la protección de la misma.</p>
	<p>CONTRVENTANAS. Son elementos adicionales que pueden ser de hoja completa o seccionada, interiores o exteriores, ciegas, tipo persiana o celosía. Se abren y cierran según los requerimientos de la orientación. Son recomendables en climas extremos, ya que funcionan también como control térmico.</p>
	<p>VEGETACIÓN. La vegetación es un excelente dispositivo de control solar y térmico, ya que por ser un elemento vivo, suele ser dinámico y puede permitir diversos grados de control en cada época del año. Cabe mencionar que es necesario elegir la especie ya sea caducifolia o perennifolia en función de los requerimientos térmicos de los espacios interiores.</p>

Es importante que los dispositivos de control solar se diseñen específicamente para cada orientación, para que así ofrezcan distintos intervalos de protección generando con ello dispositivos integrales más eficientes.

1.3 IMPORTANCIA DEL CONFORT TÉRMICO EN LA ARQUITECTURA

La concepción de una casa que aprovecha las transferencias naturales de energía brinda muchas ventajas en la esfera del confort térmico. En vez de recurrir absurdamente a los medios de calefacción y ventilación que tenemos a la mano, se puede hacer uso de éstos de manera más suave asignándoles un papel de complemento a los medios naturales. (ROGER, 1986).

Para ello es importante entender primero qué es el confort térmico. El término de confort térmico puede ser muy subjetivo, ya que cada persona puede percibir de manera diferente el medio ambiente, y por lo tanto, variar en cuanto a las condiciones que representen una sensación de confort térmico. En términos generales se puede decir que este concepto se define como la condición en la que el usuario siente satisfacción respecto del ambiente térmico en el que está:

“El confort térmico se refiere a la percepción del medio ambiente circundante que se da principalmente a través de la piel, aunque en el intercambio térmico entre el cuerpo y el ambiente los pulmones intervienen de manera muy importante.” (García y Fuentes, 2000)

La forma en que las personas responden al ambiente térmico depende de la temperatura del aire, de la temperatura media radiante, de la velocidad del aire y de su humedad, además del vestido y de la actividad que desarrollan.

CAPÍTULO I. Análisis de métodos y sistemas de control solar a través del tiempo

En el confort térmico intervienen parámetros de confort vinculados con el espacio arquitectónico y factores de confort relacionados con las necesidades biofisiológicas de cada individuo. Algunos de estos conceptos físicos que intervienen en el confort térmico son la transmisión de calor, la inercia térmica, el aislamiento térmico y el retraso térmico (García y Fuentes, 2000).

El confort térmico depende del calor producido por el cuerpo y de los intercambios energéticos (figura 21) entre éste y el medio ambiente, y son los intercambios de temperatura y humedad con respecto al cuerpo humano en un ambiente dado los cuales se llevan a cabo a través de los procesos de:

- **CONVECCIÓN**, *transferencia de calor que sucede cuando un fluido (líquido o gaseoso) está en contacto con la piel.*
- **CONDUCCIÓN**, *transferencia de calor entre los objetos que están en contacto con la piel.*
- **EVAPORACIÓN**, *transferencia de calor que emite el cuerpo a través del cambio del agua sobre la piel a un vapor de agua gaseoso del entorno, conocido también como sudor.*
- **RADIACIÓN**, *transferencia de calor entre el cuerpo y las superficies que lo rodean a través del ambiente.*



Figura 21. Intercambios térmicos

Fuente: http://esiatecamachalco.foroactivo.com/search?search_author=pablo+martinez+501&show_results=posts

Otros factores que interfieren en el confort térmico son:

- **CONDICIONES AMBIENTALES:**
 - Temperatura.
 - Humedad.
 - Velocidad del viento.
- **ACTIVIDAD METABÓLICA** (*producción de calor del cuerpo humano*)
- **VESTIDO.**

Es importante además considerar que el cuerpo humano tiene la capacidad de adaptarse a temperaturas por encima o por debajo del intervalo ideal, pero no por ello significa que se encuentre en las condiciones óptimas de confort térmico, por lo que es substancial considerar que las características climáticas de los espacios arquitectónicos deben brindar las condiciones adecuadas para lograr que se alcancen los niveles adecuados de temperatura, que permitirán que el cuerpo alcance bienestar térmico (García, 1998).

CAPÍTULO I. *Análisis de métodos y sistemas de control solar a través del tiempo*

Es entonces que al lograr la combinación de estos factores, se determina y facilita la adaptación del ser humano en diversos ambientes que pueden llegar a ser hostiles.

Según la American Society of Heating Refrigeration and Air conditioning Engineers, (ASHRAE), el confort es definido como aquellas condiciones de la mente, que expresan satisfacción del ambiente térmico. Para Givoni es la ausencia de irritación o malestar térmico.

Con base en esto se puede definir que el bienestar térmico se consigue cuando el cuerpo humano logra un equilibrio en un ambiente dado, lo cual le permite realizar actividades físicas y/o mentales sin ninguna incomodidad o dificultad.

Es por ello que resulta significativo considerar que lograr establecer confort térmico al interior de los espacios es esencial para que los usuarios puedan realizar sus actividades sin dificultad, además de que puede evitar que tengan que hacerse modificaciones a las edificaciones, mismas que la mayoría de las veces repercuten con la estética del proyecto. Las repercusiones de la falta de confort térmico en un espacio de trabajo pueden ser desde incomodidad para realizar las actividades, hasta en el peor de los casos consecuencias en la salud (García, 1998).

Un buen diseño arquitectónico debe considerar además de todos los aspectos antes mencionados, las características climatológicas útiles que le permitan establecer los parámetros a resolver en el ambiente en donde se llevará a cabo la construcción, logrando que esta se adapte al medio natural y a su vez brinde las condiciones óptimas de bienestar térmico.

CAPÍTULO 2

El consumo energético y sus impactos.



2.1 CONSUMO ENERGÉTICO

2.1.1 CONSUMO ENERGÉTICO EN EL MUNDO

En la actualidad, el uso de energía está altamente relacionado con el nivel de comodidad y bienestar de las personas que tienen la posibilidad de acceder a ésta. Esto se comprueba al revisar las estadísticas mundiales del consumo energético. Los países más pobres muestran los consumos más bajos de energía, mientras que los países más ricos utilizan grandes cantidades de la misma. Sin embargo, esta situación está cambiando de forma drástica, y se enfatizará en los años próximos, cuando serán precisamente los países en vías de desarrollo quienes experimenten con mayor rapidez un aumento en su consumo de energía, debido al incremento que tendrán tanto en sus poblaciones como en sus economías (EIA, 2006).

Según la Energy Information Administration (EIA por sus siglas en inglés), el consumo de energía en el mundo se incrementará 57% entre 2004 y 2030 (figura 22), a pesar de que se espera que el aumento de precios tanto del petróleo como del gas natural siga en aumento. En el informe *Internacional Energy Outlook 2005* (IEO 2007) se prevé que el consumo de energía en el mercado experimente un incremento medio de 2.5% por año hasta 2030. Las economías emergentes serán, con mucho, las responsables del crecimiento proyectado en el consumo de energía dentro del mercado en las dos próximas décadas (USDOE, 2005).

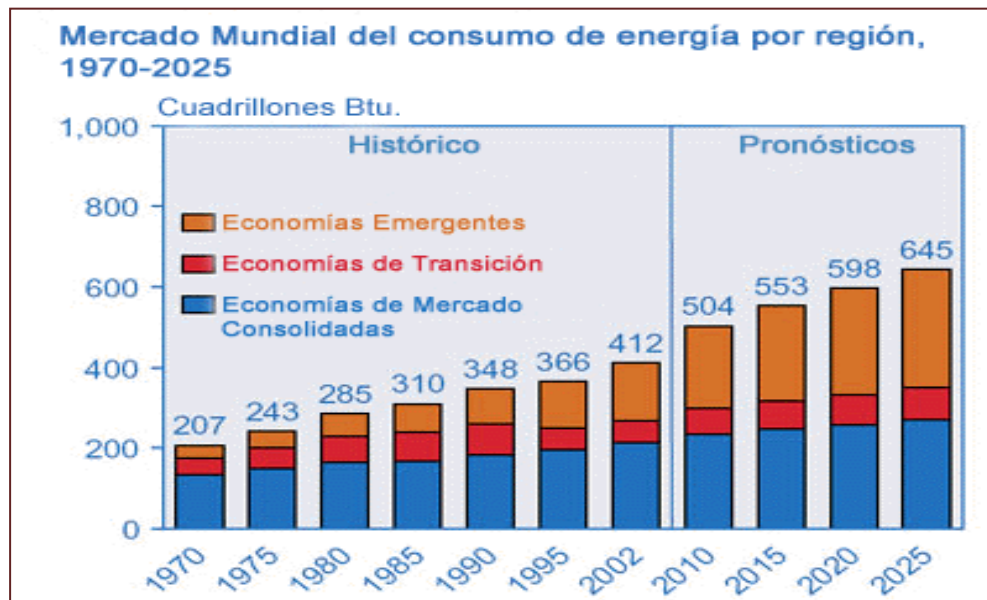


Figura 22. IEO 2005, System for the Analysis of Global Energy Markets (2005).
 FUENTE: Energy Information Administration (EIA), International Energy Annual.

Por esto, el incremento del consumo energético de los países consolidados y de los mercados de transición se espera que sea menor, especialmente en lo que se refiere al transporte, la industria y los sectores residencial y comercial.

El consumo energético depende en gran medida del ritmo de desarrollo económico de cada región. Según cifras del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) a nivel mundial, los sectores industrial y de transporte son los que experimentarán un crecimiento más rápido, de 2.1% por año, en ambos sectores. En los ámbitos residencial y comercial se verá un crecimiento más lento, con un promedio anual de 1.5 y 1.9% entre 2002 y 2025. Mientras tanto, en los mercados consolidados, en los que se espera un mínimo crecimiento de población, es el sector comercial el que crece a un ritmo más acelerado, en comparación con el resto de los sectores. Respecto de la

demanda de electricidad, de acuerdo con las últimas previsiones realizadas en 2007 (figura 23), se espera un fuerte crecimiento entre 2004 y 2030. La producción a escala mundial crecerá 2.4% anual en este periodo, de los 16,424 billones de Kw/h a los 30,364 billones (EIA, 2006).

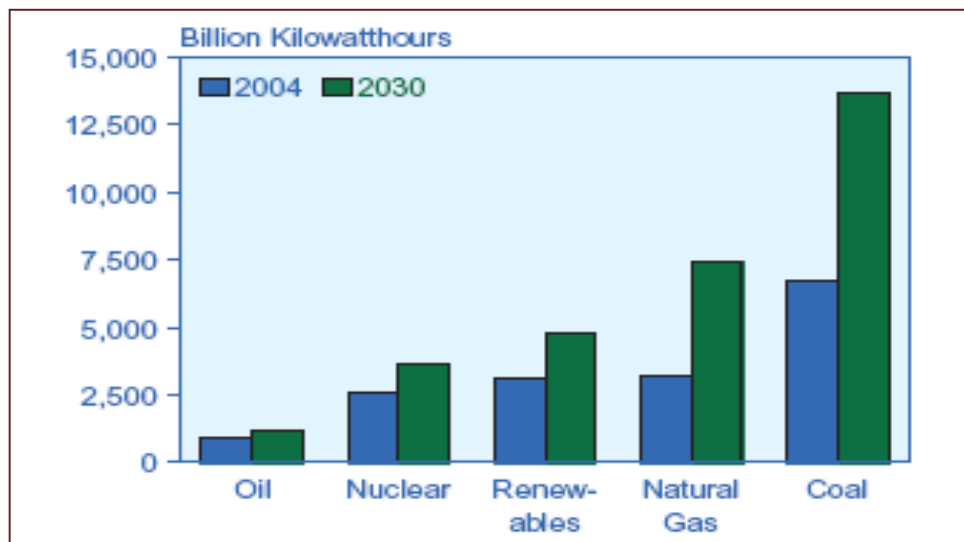


Figura 23. Generación mundial de electricidad por combustible.

Fuente: Energy Information Administration, *International Energy Annual, System for the Analysis of Global Energy*.

Se estima que el constante progreso y el perfeccionamiento de las condiciones de vida en muchos países en desarrollo conllevarán mayores demandas de electricidad. En cuanto a las fuentes de producción de electricidad, se espera que el carbón siga siendo la principal materia prima utilizada, incluso en 2030, a pesar del crecimiento del uso del gas natural (EIA, 2006).

Tan solo en Oriente Medio, donde las reservas son muy abundantes, se continuará usando el petróleo como fuente fundamental de provisión de electricidad (EIA, 2006).

En el *Statistical Review of World Energy*, publicado cada año por British Petroleum, se presentan estadísticas de consumo energético relacionadas con las reservas de carbón, gas, petróleo, etcétera, lo cual es presentado por varios países, cuyos datos datan desde 40 años atrás.

En la edición más reciente se observa un gran incremento en el consumo energético en el 2010 (figura 24), lo cual pareciera ser un efecto de “rebote” debido al cambio de tendencia que se venía presentando con anterioridad, cuando el consumo de energía primaria en el mundo descendió por primera vez desde 1982. Este “rebote” ha sido de 5.6%, un crecimiento que no se veía desde 1973. No obstante, este crecimiento ha sido desigual. Mientras que en los países industrializados (miembros de la OCDE) ha sido de 3.5%, fuera de estos (excluyendo la antigua URSS, cuyo consumo ha crecido un 5.3%) ha sido de un extraordinario 7.5%. Tan desigual ha sido este crecimiento que solo China es responsable de 20.3% de ese aumento del consumo de un 5.6% a nivel mundial (PARALELO36, 2011).

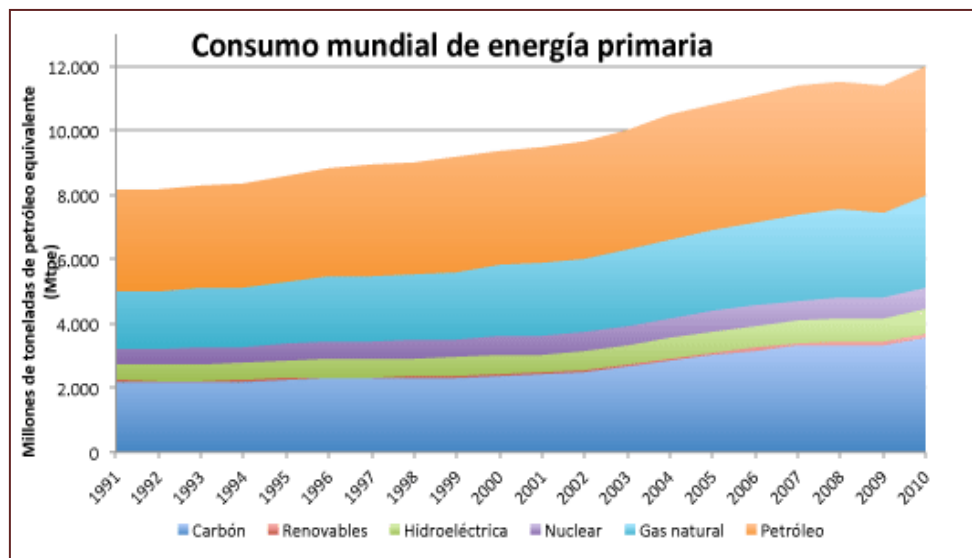


Figura 24. Consumo mundial de energía primaria.
Fuente: British Petroleum.

Con estas cifras se comprueba claramente que la tendencia al alza en el consumo energético rota en 2009 a nivel mundial. Se presenta además un incremento en la intensidad energética, es decir, el consumo energético aumenta proporcionalmente más que el crecimiento económico (algo que no es de extrañar conociendo ya los aumentos en emisiones de CO₂ anunciados por la Agencia Internacional de la Energía (PARALELO36, 2011.)

En lo que se refiere al consumo de combustibles fósiles, se demuestra un crecimiento particularmente en el carbón, lo cual es un dato alarmante, pues presenta un aumento de 7.6% en su consumo global (PARALELO36, 2011).

2.1.2 CONSUMO ENERGÉTICO EN MÉXICO

Por el volumen total de sus emisiones de gases efecto invernadero México contribuye con alrededor de 1.5% al problema global. Del total de emisiones que México aporta, 24% corresponde a la generación de energía. El sector residencial aporta alrededor de 7.64% del total de emisiones.

En México, 75% de la electricidad se genera a partir de combustibles fósiles, utilizados en plantas o centrales termoeléctricas, las cuales consumen gas natural, combustóleo y carbón, del cual el sector doméstico constituye 20% del consumo final de energía nacional (figura 25). Son estufas, calentadores de agua, refrigeradores y equipos de climatización artificial (aire acondicionado y calefacción), los equipos que consumen 70% de la energía en los hogares mexicanos. Un hogar típico consume alrededor de 8 mil 735 kWh

anualmente, lo cual afecta considerablemente la economía de los usuarios que tienen la necesidad de usar estos equipos (SENER, 2011).

Específicamente en el sector de la vivienda mexicana, los energéticos de mayor consumo son el gas licuado (40% del total), la leña (35.3%) y la electricidad (20%). Y en menor medida: el gas natural (4.4%) y los querosenos (SENER, 2011).

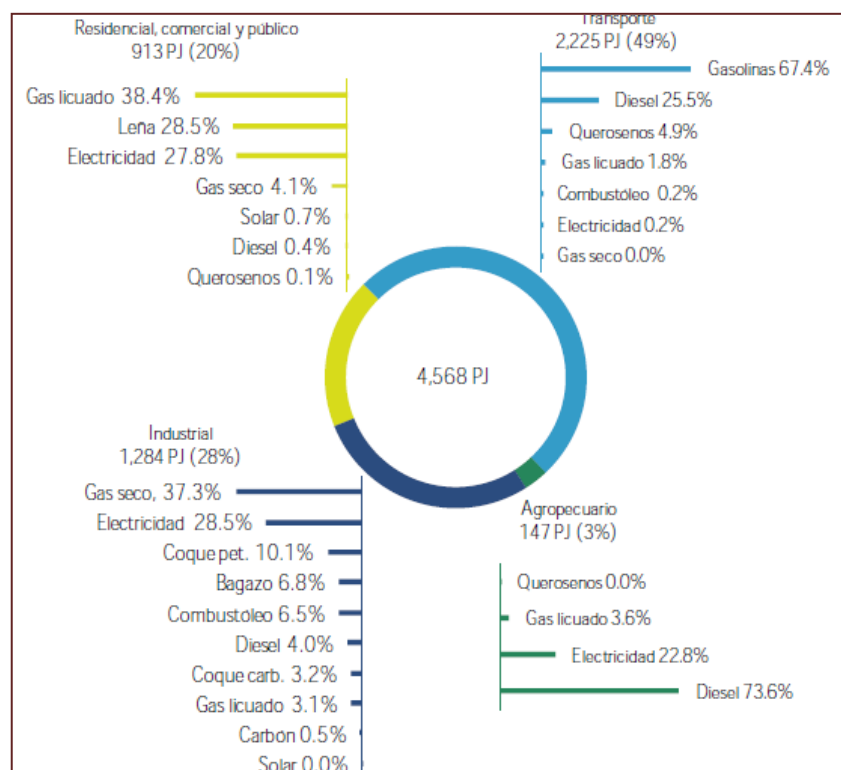


Figura 25. Consumo final energético por sector 2009.

Fuente: Sistema de información Energética (SIE).

www.sener.gob.mx/res/380/Cifras_relevantes_May_11.pdf

Aunque en las viviendas mexicanas se estima que el consumo mayor de energía se da en la cocción de alimentos, seguido por el calentamiento de agua y el rubro de iluminación, la climatización y los electrodomésticos en general ocupan en el promedio nacional el tercer lugar. Aunque es importante enfatizar que las viviendas ubicadas al norte de México, cuyo

clima predominante es cálido-seco, y las de las costas, con clima cálido-húmedo, requieren de mayor energía para la climatización y, por consiguiente, en estas zonas el uso de energía para climatización ocupa el segundo lugar de consumo a diferencia de las regiones del occidente del país.

En 1996 se reportó que las emisiones de CO₂, asociadas con el consumo de energía para las fuentes fijas y de área, alcanzaron el valor de 217 mil 537 gigagramos (Gg), 16% más que en 1990. En 1998, estas aumentaron a 245 mil 788 Gg, 31% más que en 1990 (INE 2004) (tabla 4).

	1992	1993	1995	1996	1997	1998	1998
Industrial	55.757	56.149	61.070	62.083	60.935	62.408	25%
Industrias energéticas	38.586	35.980	32.201	38.976	41.606	47.301	13%
Viviendas	20.114	20.676	21.985	22.361	22.471	22.580	9%
Comercial	5.370	5.306	5.377	5.828	6.043	6.418	3%
Agropecuario	5.169	5.204	5.072	5.421	5.797	5.738	2%
Generación electricidad	67.761	70.350	77.958	82.868	92.146	101.343	42%
Total sin biomasa	192.752	193.663	203.662	217.537	228.998	245.788	100%

Tabla 4. Emisiones de bióxido de carbono asociadas al consumo de energía (Tg).

Fuente: INE 2004

Es importante precisar que la electricidad generada se distribuye entre los sectores industrial, comercial, agropecuario, residencial (vivienda) y público, porque la aportación registrada para cada sector en realidad sería mayor si se le sumara su participación proporcional en la generación de energía eléctrica (INE 2004).

2.2 REPERCUSIÓN SOCIAL, ECONÓMICA Y EN LA SALUD

Según el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, el sector doméstico constituyó 16% del consumo final de energía en México en 2008, en el que las estufas, calentadores de agua, refrigeradores y equipos de aire acondicionado resultaron ser los equipos que consumen 70% de la energía en los hogares mexicanos, por lo que un hogar típico consume alrededor de 8,735 Kwh por año, lo cual representa gran repercusión económica para los usuarios que se ven obligados a emplear estos aparatos, aunque algunos indispensables, sin embargo, otros como el aire acondicionado pueden evitarse en gran medida si se considerara un adecuado acondicionamiento del espacio (SENER, 2009).

Como es evidente, el confort que el ser humano percibe en un lugar determinado es un fenómeno muy complejo y relativo de analizar, ya que intervienen diversos parámetros y factores que resultan decisivos para establecerlo. En este sentido, los parámetros fundamentales para el diseño bioclimático son aquellos relacionados con los parámetros ambientales, que corresponden a las características de un espacio determinado que pueden valorarse en términos energéticos y que resumen las acciones que, en dicho espacio, reciben las personas que lo ocupan. Algunos de estos son específicos para cada sentido, ya sean: térmicos, acústicos, visuales, climáticos, etc. Por todo ello, el éxito de un proyecto bioclimático consiste en la precisa armonía entre estos factores. En lo referente a todos estos factores, es el confort térmico uno de los que más influye para determinar la condición en la que el usuario siente satisfacción respecto del ambiente en

el que está, y cuyos límites extremos pueden resultar dañinos e incluso mortales para el ser humano, por lo que es de suma relevancia considerar lo importante que es el adecuado equilibrio de los factores ambientales que intervienen en el diseño arquitectónico de cualquier espacio, ya que van más allá de lograr la comodidad de los usuarios. Una prueba de ello es el Síndrome del Edificio Enfermo (SEE) (OMS, 1973).

El SEE fue reconocido como enfermedad por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1982. Comprende a los edificios en los que un porcentaje de más de 20% de personas experimentan efectos agudos sobre la salud y el bienestar. La OMS define al SEE como:

“...conjunto de síntomas diversos que presentan los individuos en estos edificios y que no suelen ir acompañados de ninguna lesión orgánica o signo físico, diagnosticándose, a menudo, por exclusión. Se trata de un conjunto de síntomas que padecen algunos individuos que habitan o trabajan en un mismo edificio, y que remiten cuando lo abandonan. Se estima que hasta 30% de los edificios de nueva construcción y de los edificios rehabilitados, presentan problemas que corresponden al SEE...” (OMS, 1973).

Es un conjunto de molestias y enfermedades originadas en la mala ventilación, la descompensación de temperaturas, las cargas iónicas y electromagnéticas, las partículas en suspensión, los gases y vapores de origen químico y los bioaerosoles, entre otros agentes causales identificados (OMS, 1973).

El tipo de malestares que producen y estimulan estas situaciones es variado: jaquecas, náuseas, mareos, resfriados persistentes, irritaciones de las vías respiratorias, piel y ojos, etc. Entre estos malestares, las alergias ocupan un papel importante.

En 1968, 144 personas del edificio de la Sanidad en Pontiac, Michigan, EUA, contrajeron una enfermedad con dolores de cabeza, fiebre y dolores musculares, que se denominó «fiebre de Pontiac». En 1976, en un hotel de Filadelfia, durante una convención de antiguos legionarios, se vieron afectados por una bacteria, que se identificó como *Legionella Pneumophila*, cultivada y difundida por el aire acondicionado, que llevó a la muerte a 29 de los asistentes. Actualmente, la bacteria, por las mismas causas, ataca anualmente de 25 a 45 000 personas, sólo en EUA (OMS, 1973).

Los factores que contribuyen al SEE se relacionan con el diseño del ambiente construido, y puede incluir combinaciones de algunos o a todas las siguientes causas:

1. Polución interior del aire.
2. Perfumes artificiales.
3. Pobre o inapropiada e incluso excesiva iluminación (incluyendo ausencia de o solo limitados accesos a la luz natural). La excesiva iluminación genera reflejos en las pantallas de trabajo de los puestos administrativos.
4. Pobre calentamiento o enfriamiento de las estancias y/o ventilación.
5. Mal posicionamiento de los sistemas de calefacción y aire acondicionado.
6. Mala acústica.

7. Pobres diseños de muebles y equipos (e. g., monitores de PC, fotocopadoras, etc.).
8. Pobre ergonomía.
9. Contaminación química.
10. Contaminación biológica.

Si bien el SEE no ha sido reconocido en México como enfermedad, podemos asegurar que estas características también se presentan en muchos edificios del país.

Es importante considerar también lo que han afirmado estudios realizados por diferentes instituciones, ya que en estos se demuestra que a menudo el diseño de las viviendas puede contribuir al desasosiego mental, con la consecuente exacerbación de los trastornos mentales que ya afectan a los ocupantes; que las molestias sensoriales y el descontento pueden constituir un importante aporte a dicho desasosiego mental; que el ruido y los olores desagradables provocan fácilmente irritabilidad nerviosa y mal humor; y que las habitaciones y lugares contiguos lóbregos, fríos y poco acogedores pueden acentuar la depresión mental.

Es por ello que vale la pena reiterar que un adecuado conocimiento del equilibrio entre los factores ambientales y el diseño arquitectónico, respecto de los requerimientos generales del ser humano, puede no solo evitar que un espacio o edificio se convierta en parte de las estadísticas de la OMS, calificándolo con el SEE, sino que también puede contribuir a que cada espacio alcance la funcionalidad no solo constructiva sino productiva para la que fue diseñado.

2.3 HÁBITOS DE CONSUMO Y SU IMPACTO EN LA ARQUITECTURA

La arquitectura en México se ha transformado con el paso del tiempo y de las diferentes corrientes arquitectónicas que han hecho importantes aportaciones. Tal es el caso de la arquitectura maya.

A lo largo de la historia de México, entre constantes cambios destaca también la arquitectura mexicana contemporánea, la cual es una arquitectura personal y característica, que ha depurado algunas de las variables del movimiento moderno —la plástica lineal de los volúmenes, los grandes ventanales longitudinales o el funcionalismo extremado—, sin caer en la alternativa del lenguaje neocolonial y californiano.

En la actualidad, las nuevas tecnologías y tendencias arquitectónicas que se han generado en varios países desarrollados, han influido en gran manera en la arquitectura actual en México, la cual se basa en la generación de proyectos futuristas que consideran sistemas inteligentes, por ser automatizados, pero que en su mayoría no consideran fundamentos de sustentabilidad.

Como ya se reiteró, en la actualidad no se cuenta con un adecuado sistema de control solar en la mayoría de los proyectos, y esto se refleja, además de en las repercusiones en el consumo energético que ya se han mencionaron, en la arquitectura, ya que son pocos los proyectos que integran de manera funcional y estética los sistemas de control solar, lo que resulta en una adecuación que la mayoría de las veces no es acorde con el diseño y

materiales del proyecto y luce como un elemento poco estético que además en la mayoría de los casos no cumple con su función. (Figura 26)

Por ello es importante contemplar desde un inicio del proyecto todos los sistemas que contribuyan a lograr que un proyecto sea funcional, y pueda reducir al máximo el consumo energético, logrando con esto que un proyecto sea sustentable. Sin embargo, habría que considerar también que es de gran importancia analizar las mejores soluciones para las edificaciones existentes.

Con base en lo antes mencionado, se puede afirmar que la arquitectura bioclimática no es solo una forma de construir con muchas ventanas o utilizar alguna característica de la arquitectura solar. Es mucho más amplia. Es un tipo de arquitectura que climatiza el espacio pensando en la salud del usuario, por lo cual se denomina “bio-climática”, además de generar sistemas pasivos y activos que permitan contribuir al ahorro de energía, contribuye a aminorar el deterioro ambiental, y fomenta la integración respecto de la naturaleza.



Figura 26. Estacionamiento público col. Ramos Millán.
Fuente: autor.

2.4 REPERCUSIONES AMBIENTALES DEL ALTO CONSUMO ENERGÉTICO

Uno de los aspectos que ha sido característico de la actividad humana a lo largo de la historia es el uso inapropiado que el hombre ha hecho de los recursos y de la energía, aunque el detonante más significativo fue a partir de la Revolución Industrial, durante el siglo XVIII, debido a la explotación intensiva y quema del carbón (García y Fuentes, 2000).

Otro factor detonante para este uso irracional de energía es el gran crecimiento demográfico que se ha dado a nivel mundial y que conlleva a agotar diferentes recursos para poder dar abasto a la creciente demanda (WIKIPEDIA, 2010).

En la mayoría de las ciudades, la energía es un elemento indispensable para lograr el bienestar social y económico, sin embargo, la producción y consumo de esta trae consigo repercusiones sobre el medio ambiente, como: daño a los ecosistemas, contaminación del agua, deterioro del suelo, generación de residuos y repercusión en el cambio climático. A pesar de ello, muchas ciudades dependen de la energía para el desarrollo de sus actividades.

Una de las principales fuentes de energía de muchas ciudades son los combustibles fósiles, los cuales provocan la emisión de gases contaminantes en la atmósfera, que afectan los ecosistemas y la calidad de vida de los habitantes.

El aumento que se ha generado en el uso de la energía en las ciudades de los países menos desarrollados, según los pronósticos de crecimiento demográfico y económico y

los patrones actuales de consumo ineficiente y elección de combustibles altamente contaminantes, presagian cada vez mayores impactos ambientales a nivel local, regional y global, y el riesgo de mayores accidentes (WIKIPEDIA, 2010).

Uno de los ejemplos más notorios del impacto al medio ambiente es el ya conocido efecto invernadero, el cual según investigaciones científicas se ha incrementado notablemente en los últimos años debido a la emisión de ciertos gases, entre los cuales se encuentran el dióxido de carbono y el metano, producidos principalmente por la actividad económica humana (WIKIPEDIA, 2010).

La curva Keeling (figura 27) muestra el continuo crecimiento de CO₂ en la atmósfera desde 1958. Recoge las mediciones de Keeling en el observatorio del volcán Mauna Loa. Estas mediciones fueron la primera evidencia significativa del rápido aumento de CO₂ en la atmósfera y atrajo la atención mundial sobre el impacto de las emisiones de los gases

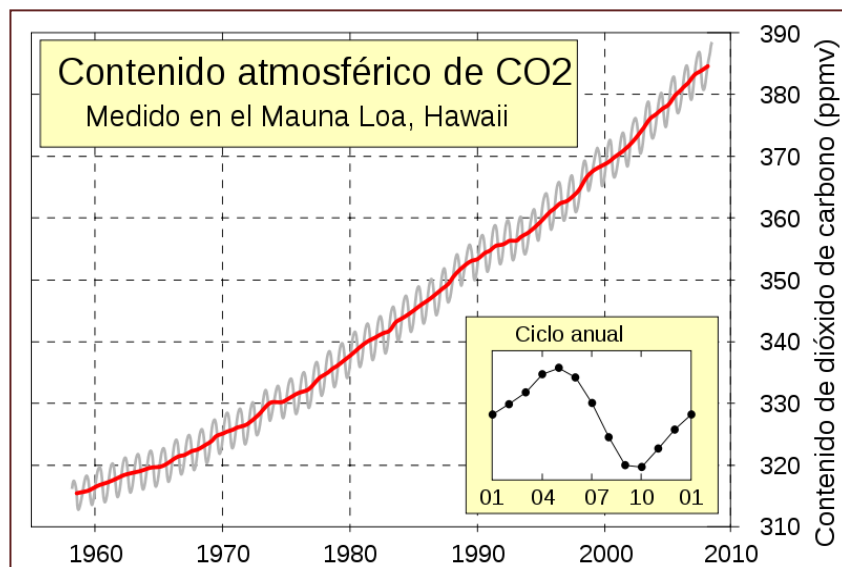


Figura 27. Curva Keeling, «50 years on: The Keeling Curve legacy». Fuente: BBC News. Consultado septiembre 12, 2009.

de efecto invernadero (WIKIPEDIA, 2010).

El crecimiento acelerado de la población se ha multiplicado a nivel mundial y la tecnología ha alcanzado una enorme y sofisticada producción, de modo que se está presionando en muchas partes el medio ambiente terrestre. Es la atmósfera la zona más vulnerable de todas, por su delgadez.

Aunque la mayoría de estos gases son naturales y ya se encontraban en la atmósfera antes de la aparición del ser humano, es notable su incremento a partir de la Revolución Industrial (WIKIPEDIA, 2010) (figura 28).

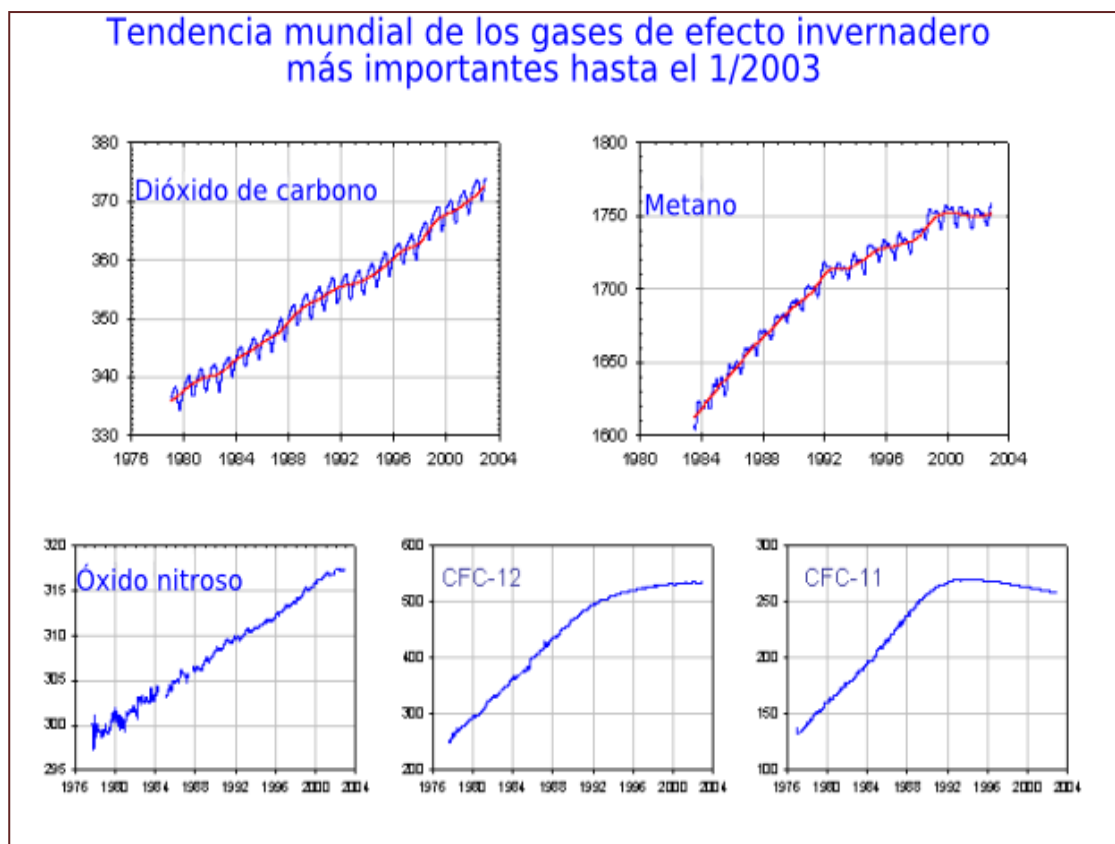


Figura 28. Incrementos en la atmósfera de los cinco gases responsables del 97% del efecto invernadero antropogénico en el periodo 1976-2003.

Otro de los temas más mencionados en la actualidad y que ha sido base de partida para la implementación de programas, tratados, acuerdos y demás aspectos competentes al ámbito no solo científico, sino social y político a nivel mundial, es el notable y perceptible cambio climático que se vive en la actualidad, que a pesar de ser al mismo tiempo un tema que ha causado polémica debido a las diferentes posturas que se han dado con relación a las causas principales de este, no podemos dejar de lado el hecho de que si bien la actividad antropogénica no es la única causa por la cual se de este cambio a nivel mundial, sí contribuye en gran parte al aumento acelerado que se ha presentado en especial en las últimas décadas (figuras 29 y 30).

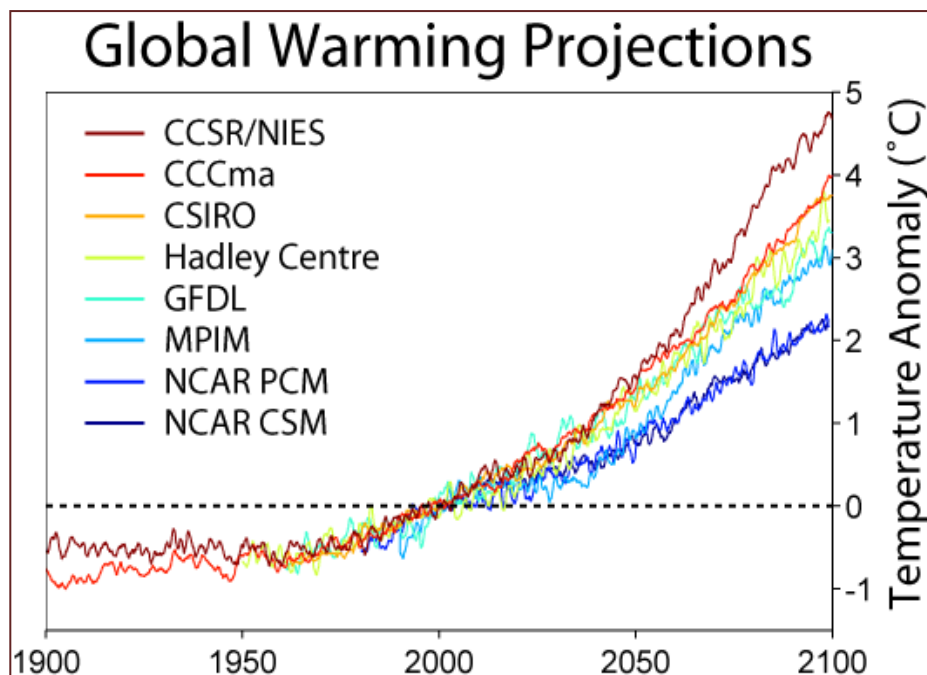


Figura 29. Predicciones basadas en diferentes modelos del incremento de la temperatura media global respecto de su valor en el año 2000. Publicado bajo la GNU Free Documentation License.

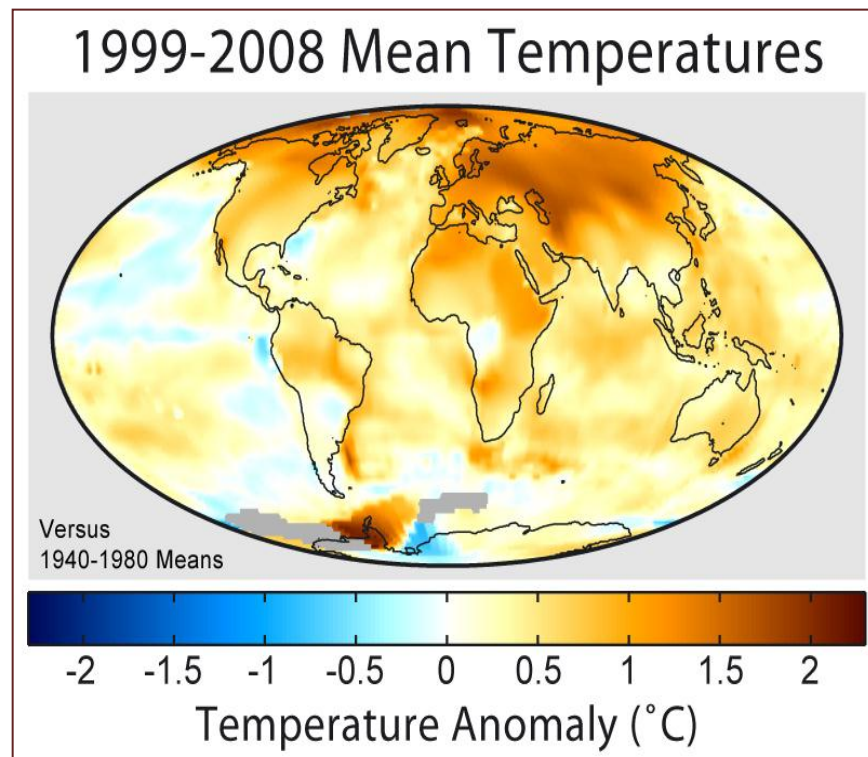


Figura 30. Anomalía de temperaturas medias en el periodo 1999-2008. Fuente: <http://mapscroll.blogspot.com/2009/05/visualizing-global-warming.html>

Si bien no es objeto de este trabajo determinar cuáles son las causas reales de las repercusiones ambientales, es importante considerar cuán delicada se ha vuelto la situación actual respecto de la relación entre el hombre y el medio ambiente. Es por ello que con el resultado de este trabajo de investigación se pretende contribuir a disminuir el consumo energético. Indudable e independientemente de la postura desde la que se vea, esto traerá consigo más beneficios, no solo a nivel ambiental, sino también en relación con la vida del ser humano.

CAPÍTULO 3

El contexto arquitectónico en México



3.1 ANÁLISIS DE LOS PROYECTOS ACTUALES EN MÉXICO

3.1.1 DESARROLLO HABITACIONAL

El desarrollo arquitectónico que se ha dado en las últimas décadas en México ha sido notablemente significativo, especialmente en las grandes ciudades del país. Esto se ve reflejado en el crecimiento de las expansiones territoriales que se ha dado en varias ciudades importantes, como en la Ciudad de México, suscitado en gran parte por la mala organización y administración del gobierno, que al no distribuir de manera adecuada los recursos, ha propiciado la migración de un gran número de personas, quienes al vivir en situaciones desfavorables, no les queda más que buscar alternativas para obtener los recursos básicos para subsistir, situación que conlleva a la sobrepoblación y, por ende, la expansión de las grandes urbes.

Que esta expansión se haya dado de manera acelerada, no quiere decir necesariamente que se esté dando de la mejor forma. Esto se refleja notoriamente en la transformación del concepto de vivienda urbana que se desarrolla en la actualidad, en la que se puede percibir la ausencia de un análisis de carácter funcional, espacial y de habitabilidad en relación con los usuarios. Los nuevos proyectos de vivienda no son solo cada vez más reducidos, sino que además no se hacen estudios previos ni se toman en cuenta las características del sitio y del clima, y ni hablar de considerar las orientaciones óptimas para cada espacio. Así, se propicia que se construyan viviendas en ambientes muy fríos, muy calientes, muy oscuros o, en la mayoría de los casos, la combinación de todos estos.

CAPÍTULO 3. *Contexto arquitectónico en México*

Es el caso de la mayoría de las grandes inmobiliarias y constructoras, en las que a todo ello se suma el factor inversión-tiempo, el cual propicia que la importancia de estos gigantescos proyectos recaiga más en el tiempo de ejecución que en su calidad, por lo que emplean sistemas de construcción que acortan tiempos, aunque la calidad de los materiales no sea el más conveniente. Otra característica que demerita la calidad de estas construcciones es que muchas veces emplean los mismos proyectos para diferentes ciudades, sin considerar que cada una tiene características diferentes, no solo climáticas, sino también de habitabilidad.

Es notable que a pesar de estar en diferentes localidades, todas las viviendas que pueden verse en las figuras 31, 32, 33 y 34 tienen características similares en lo que se refiere a materiales de construcción, acabados, tamaños de ventanas, etc. También puede observarse que en ningún caso han considerado sistemas de protección solar.



Figura 31. Casa GEO en Reynosa, Tamaulipas.
Fuente: <http://www.casasgeo.com/casas-en-venta.aspx?iddesa=19&idedo=28&tipo=>



Figura 32. Casa GEO en Guadalajara.
Fuente: <http://www.casasgeo.com/casas-en-venta.aspx?iddesa=43&idedo=14&tipo=>



Figura 33. Casa GEO en Querétaro.

Fuente: <http://www.casasgeo.com/casas-en-venta.aspx?idesa=5&idedo=22&tipo=>



Figura 34. Casas ARA en Chalco, Estado de México.

Fuente: http://www.ara.com.mx/asistente/ desarrollo/ Estado_de_Mexico_FUENTES_DE_TIZAYUCA/71/

En lo que se refiere a construcciones de tipo no habitacional, como los edificios de oficinas, también se puede comprobar cómo es que en la mayoría de los casos no se consideran las medidas necesarias para un eficiente ahorro de energía. Estos edificios consumen un gran porcentaje de energía al utilizar en mayor cantidad y tiempo sistemas eléctricos, de automatización y de aire acondicionado, lo cual podría reducirse significativamente si se consideraran sistemas como los dispositivos de control solar.

Aunque en las recientes construcciones de estos corporativos sí se están proponiendo diversos sistemas que hacen que se consideren proyectos “sustentables”, es posible afirmar que en algunos casos, a pesar de contar con propuestas de dispositivos, estas no se han hecho con base en un análisis de orientaciones, puesto que como se muestra en las imágenes de un edificio corporativo en la Ciudad de México (figuras 35 y 36) los dispositivos propuestos tienen las mismas características para diferentes orientaciones.

CAPÍTULO 3. *Contexto arquitectónico en México*



Figura 35. Edificio de oficinas en Av. Reforma (fachada noreste). Foto del autor.



Figura 36. Edificio de oficinas en Av. Reforma (fachada sureste). Foto del autor.

3.1.2 EJEMPLOS EFICIENTES

➤ EDIFICIO HABITACIONAL EN AVENIDA UNIVERSIDAD

Por otro lado existen algunos casos aislados en los cuales se comprobó que las medidas de control solar que se propusieron funcionan de una manera adecuada, como se puede observar en el edificio habitacional ubicado en el sur de la Ciudad de México (figuras 37, 38, 39 y 40). Este edificio cuenta con un sistema de partesoles calculados con base en la orientación y se integran con el proyecto, ya que se hicieron del mismo material.

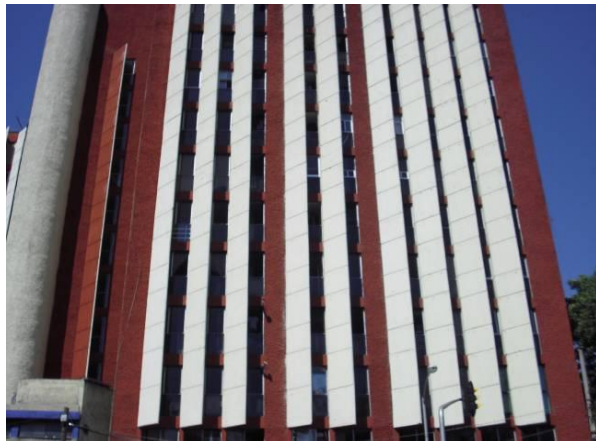


Figura 37. Edificio Habitacional (fachada sureste).
Foto del autor.



Figura 38. Edificio Habitacional (fachada sureste).
Foto del autor.

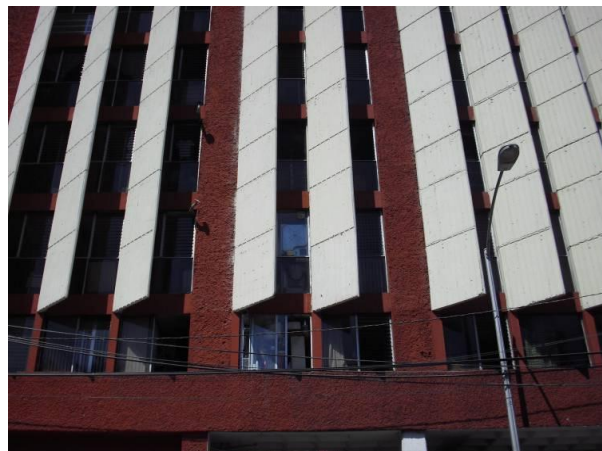


Figura 39. Dispositivos de control solar en Edificio Habitacional (fachada sureste). *Foto del autor*



Figura 40. Partesol en edificio Habitacional.
Foto del autor.

➤ **MUSEO UNIVERSUM (UNAM)**

Otro ejemplo de una adecuada aplicación de dispositivos de control solar se puede observar en el edificio del Museo Universum ubicado dentro de Ciudad Universitaria. El sistema que se empleó fue el cambio de orientación y el remetimiento de ventanas (figura 41, 42 y 43).



Figura 41. Museo Universum (cambio de orientación en ventanas).
Foto del autor.



Figura 42. Museo Universum.
Foto del autor.



Figura 43. Museo Universum (remetimiento de ventanas). Foto del autor.

Con el sistema que se propuso para este proyecto es posible darse cuenta de que la intención claramente es reducir las infiltraciones directas de los rayos solares al interior del edificio. En otra sección del museo se puede observar el uso de partesoles (Figura 44) como otro método de control solar. Claramente se puede apreciar la efectividad de éstos.



Figura 44. *Museo Universum (partesoles).*
Foto tomada por la autora.

CAPÍTULO 3. *Contexto arquitectónico en México*

3.2 CONTROL SOLAR Y NORMATIVIDAD

Los griegos y romanos fueron los primeros en establecer normativas respecto del uso de energía solar en la arquitectura. Siglos después, en la década de 1960 se consideraron medidas para el uso eficiente de la energía, adoptandas paulatinamente en algunos países desarrollados. Sin embargo, el creciente y desmesurado uso de energía ha ido forzando a más países a integrar estas normas como medida de ahorro energético, no solo por las consecuencias económicas que ello genera, sino como manera de contribuir con la disminución del deterioro ambiental y agotamiento de recursos naturales que esto implica (Rodríguez, 2001).

Fue a partir de los años noventa que en México se comenzaron a considerar medidas de eficiencia energética en algunos equipos. Una de estas alternativas, con resultados positivos, ha sido la elaboración de la normas oficiales mexicanas de eficiencia energética (NOM-ENER), que regula los consumos de energía de aquellos aparatos que, por su demanda de energía y número de unidades requeridas en el país, ofrezcan un potencial de ahorro cuyo costo-beneficio sea satisfactorio para el país y los sectores de la producción y el consumo (Rodríguez, 2001).

3.2.1 NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM)

Las NOM son especificaciones técnicas, accesibles al público, elaboradas con la colaboración y el consenso de los involucrados. Son de aplicación obligatoria para todos

los productos e instalaciones en la República mexicana comprendidos en su campo de aplicación (CONNUE, 2010).

Las normas aprobadas hacen referencia a los requerimientos óptimos necesarios para la eficiencia energética en aquellos equipos y sistemas de alumbrado que requieren de consumo energético para su funcionamiento, a excepción de las NOM-008-ENER y NOM-020-ENER (publicadas el 9 de agosto de 2011) que son las que se refieren a la eficiencia energética en la envolvente en edificios no residenciales y residenciales respectivamente:

- **NOM-008-ENER** - *Eficiencia energética en edificios no residenciales*, mediante la cual se pretende regular el diseño térmico de la envolvente de los edificios.
- **NOM-020-ENER** - *Eficiencia energética en edificios residenciales*. Complemento para la anterior, pretende regular el diseño térmico y la construcción de la envolvente en edificios habitacionales de hasta tres niveles.

Que todos los equipos y sistemas que requieren de energía eléctrica se rijan bajo normas que permitan su eficiencia energética es un paso importante para contribuir al ahorro de energía, sin embargo, no es suficiente. Resulta importante implementar criterios que abarquen otros campos, como el de las edificaciones. Es el caso de las NOM-008-ENER y NOM-020-ENER, aunque estas últimas han sido motivo de polémica y debate entre expertos en arquitectura bioclimática y desarrollo sustentable, ya que, con base en los análisis llevados a cabo bajo los criterios y parámetros establecidos en estas, se ha comprobado que tienen carencias debido a que la mayoría de los parámetros

considerados en ellas son muy rígidos e irracionales, además de que no han sido ajustadas a las características climáticas, arquitectónicas y de funcionalidad que rigen a nuestro país.

3.2.2 CERTIFICACIÓN LEED

Existe también el programa de certificación *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), que es el reconocimiento por parte de *US Green Building Council* (USGBC), el cual hace en referencia a los logros sustentables de ciertos proyectos de construcción e interiorismo para promover ambientes más saludables, productivos, eficientes y verdes.

El USGBC ha desarrollado sistemas de calificación para todos los ambientes construidos:

- LEED para interiores comerciales (CI).
- LEED para nuevas construcciones (NC).
- LEED para edificios existentes (EB).
- LEED para estructuras - core and shell (CS) en programa piloto.
- LEED para casa habitación (H) en programa piloto.
- LEED para desarrollos habitacionales (ND) en programa piloto.

La certificación, de uso voluntario, tiene como objetivo avanzar en la utilización de estrategias que permitan una mejora global en el impacto medioambiental de la industria de la construcción.

El proceso de certificación en las modalidades más habituales (edificios de nueva planta) tiene lugar durante las fases de *proyecto* y *obra* del edificio. Se obtiene la certificación al final de la fase de obra. Si bien no existen requisitos para abordar la certificación, es habitual que a los agentes del proyecto se incorpore un asesor especializado.

Además de la certificación de edificios, el USGBC dispone de programas de formación y titulación de profesionales, mediante las titulaciones LEED Accredited Professional (LEED AP), y LEED Green Associate (LEED GA).

Si bien LEED fue inicialmente concebido en Estados Unidos de América (EUA), se ha utilizado en otras partes del mundo. En la actualidad existen edificios certificados en más de 30 países. En ese sentido, se ha discutido la pertinencia del uso de los criterios LEED en contextos diversos, dado que la certificación se refiere a normativa de EUA (como los estándares ASHRAE/IESNA, ANSI o ASTM), de aplicabilidad compleja o inviable en otros países. También se ha criticado el peso de los aspectos relativos a la eficiencia energética de los edificios en la certificación LEED. En ese sentido, las diferentes versiones han ido aumentando progresivamente el peso de dichos aspectos en la certificación.

3.2.3 LIVING BUILDING CHALLENGE (LBC)

Por otra parte, un programa de certificación reciente que si cubre las áreas que los programas antes citados no consideran es el *Living Building Challenge* (LBC), publicado en 2006 y creado como un complemento de LEED y de otros sistemas de clasificación, para lograr un edificio lo más sustentable, el cual está compuesto de 7 áreas de funcionamiento: agua, energía, lugar, salud, materiales, equidad y belleza. No obstante por ser reciente su publicación, no se ha difundido ampliamente.

3.3 ALTERNATIVAS PARA EL AHORRO ENERGÉTICO EN MÉXICO

3.3.1 PROGRAMAS DE APOYO

Desafortunadamente, aún no se cuenta con una ley o norma específica en la cual, con base en las características y requerimientos que demanda nuestra región, se establezcan parámetros en los que se tomen en cuenta las consideraciones bioclimáticas necesarias para los proyectos, como medida de ahorro energético en las edificaciones.

Sin embargo, han surgido programas y comités de apoyo que promueven e impulsan el desarrollo de proyectos que proponen un diseño sustentable. Es el caso del Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero (COMEGEI), creado mediante un decreto presidencial el 24 de abril de 2005. Entre sus atribuciones figura la responsabilidad de identificar oportunidades, facilitar y aprobar la realización de proyectos de reducción de emisiones y captura de gases de efecto invernadero en los Estados Unidos Mexicanos (COMEGEI, 2010).

La Comisión cuenta con un secretariado técnico a cargo de la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y está integrada además por representantes de las siguientes dependencias:

- Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales.
- Secretaría de Energía (SENER).
- Secretaría de Economía.

- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Secretaría de Desarrollo Social.
- Secretaría de Relaciones Exteriores.

3.3.2 PROGRAMA DE SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS ELECTRODOMÉSTICOS PARA EL AHORRO DE ENERGÍA

Se han creado también estrategias para la sustitución de equipos electrodomésticos, como el Programa de Sustitución de Equipos Electrodomésticos para el Ahorro de Energía, implementado por el Gobierno Federal, a través de la Secretaría de Energía.

En este Programa, la SENER es la Instancia Normativa y está facultada para aclarar dudas sobre los Lineamientos de Operación y su aplicación, en tanto que el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) fue designado como operador del Programa.

Asimismo, el FIDE tendrá a su cargo la incorporación al Programa de los Centros de Acopio y Destrucción, de las Tiendas Participantes y su supervisión.

El Programa consiste en otorgar apoyos directos y de financiamiento, para que las familias mexicanas sustituyan sus refrigeradores y equipos de aire acondicionado antiguos por aparatos nuevos, más eficientes en su consumo de energía.

El objetivo es generar ahorro en el consumo energético, y por ende, en la factura eléctrica y en la economía de los hogares (FIDE, 2010).

Es por ello que se puede afirmar que en lo referente al ámbito legal aún hay un arduo camino que recorrer para poder establecer normas que se basen en las características y necesidades propias de nuestro país, y que estas puedan ser aplicadas con eficacia y validez medible y palpable, no obstante en lo que se refiere a los programas de apoyo, a pesar de que también es necesario replantear algunos de ellos, pueden ser la pauta para promover el compromiso que tanto a constructores, ciudadanos y usuarios, conlleve a lograr un cambio en nuestro país, el cual tendrá asimismo repercusiones mundiales.

CAPÍTULO 3. *Contexto arquitectónico en México*

CAPÍTULO 4
Análisis de sitio y clima.
Caso de estudio: Ciudad de México



4.1 ANÁLISIS DE SITIO, CIUDAD DE MÉXICO

Las pruebas experimentales se realizaron en la Ciudad de México. Para ello, se llevó a cabo un breve análisis de sitio y climatológico, con el que se pudo determinar las alternativas óptimas para el desarrollo de los dispositivos de control solar que aquí se plantean.

4.1.1 SUPERFICIE Y RELIEVE

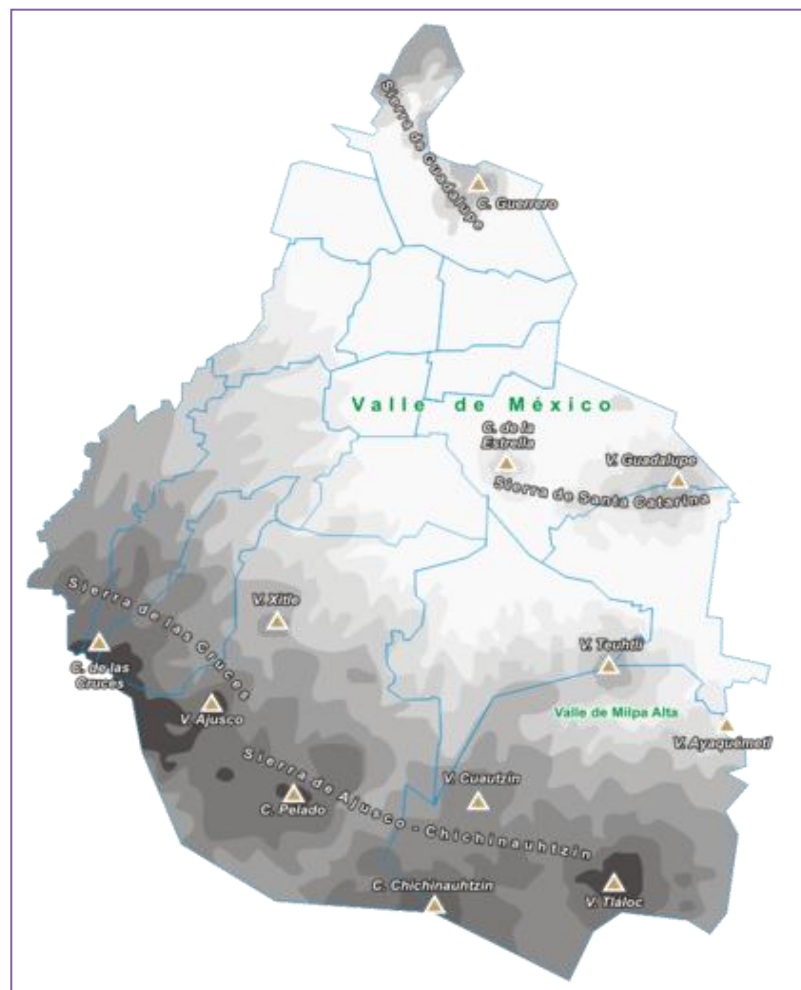
La Ciudad de México, considerada una de las más pobladas del mundo, tiene una superficie de aproximadamente 1,400 km² y una población superior a los 8 millones de habitantes, lo que la convierte en la segunda entidad federativa con mayor población (INEGI, 2010).

Las coordenadas geográficas que se presentan en la Ciudad de México son extremas y van de 19°03' a 19°36' de latitud norte y 98°57' a 99°22' de longitud oeste.

Respecto de la altitud, existen variaciones, entre 2.240 m hasta 3.700 m sobre el nivel del mar. El aumento de altitud que se presenta es de norte a sur de la ciudad.

La Ciudad de México se localiza en la provincia geológica de Lagos y Volcanes del Anáhuac. Su límite al norte está dado por la Sierra de Guadalupe, de la que forma parte el cerro del Tepeyac. Hacia el centro oriente se localiza la Sierra de Santa Catarina, una cadena de volcanes apagados cuyo punto más alto es el Volcán de Guadalupe o El

En la planicie del Valle de México (figura. 45), en la que se asienta la mayor parte de los habitantes de la Ciudad de México se presentan también pequeñas lomas y cerros, de los cuales destacan el Peñón de los Baños, localizado cerca del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Más al sureste, en la salida a Puebla, se levanta el Peñón Viejo.



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9xico,_D._F.

En el oeste de la ciudad se levanta el Cerro de Chapultepec. Es un pequeño monte que marca el inicio de las serranías que recorren desde el oeste hasta el sureste la Ciudad de México, y separan al Valle de México de los valles de Toluca y Morelos. La Sierra de las Cruces es parte de ese sistema, de ella bajan la mayor parte de los ríos que aún surcan la Ciudad de México.

4.1.2 POBLACIÓN

El crecimiento demográfico que se ha presentado en la Ciudad de México ha causado que en la década de 1970 los municipios mexiquenses aledaños se conurbaran a la capital. Su integración a la zona metropolitana está relacionada con su condición de zonas industriales, condición que atrajo a buena parte de los migrantes que llegaron al Valle de México en aquella época. En 1990 se definió que la Zona Metropolitana de la Ciudad de México abarcaba las 16 delegaciones de esta, más 38 municipios del Estado de México. En la más reciente definición, aprobada por el gobierno local, los gobiernos del Estado de México e Hidalgo y el Gobierno Federal, se definió la Zona Metropolitana de la Ciudad de México como el área urbana formada por las 16 delegaciones, 40 municipios conurbados del Estado de México y uno del estado de Hidalgo (figura 46).

Cada delegación está integrada por pueblos, barrios y colonias. *Pueblo* y *barrio* son denominaciones que corresponden a unidades vecinales de gran antigüedad. Algunos de ellos datan de la época prehispánica. Las colonias nacieron a partir de la expansión de la zona urbana de la Ciudad de México en los terrenos aledaños.

CAPÍTULO 4. *Análisis de sitio y clima. Caso de estudio: Ciudad de México*

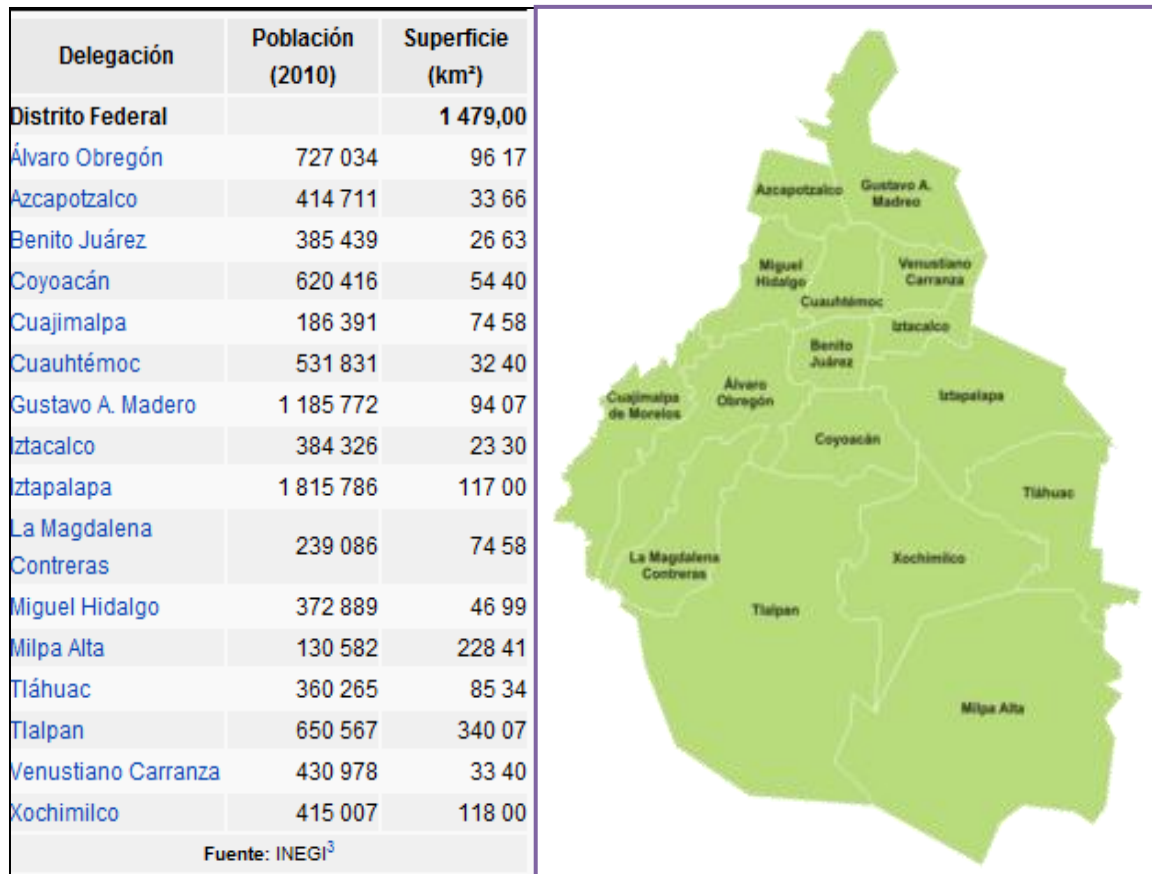


Figura 46. División política y población de la Ciudad de México.

Fuente: INEGI.

4.1.3 INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

A partir de los últimos años de la década de 1980, la Ciudad de México y su Zona Metropolitana han experimentado un proceso de descentralización de la actividad industrial de transformación. Este proceso fue estimulado por el Gobierno Federal en virtud de los peligrosos niveles de contaminación que se alcanzaron en esos años, así como a los problemas urbanos derivados de la alta concentración demográfica, que tuvo en la expansión industrial capitalina uno de sus principales incentivos (figura 47). La mayor parte de la industria se ha trasladado hacia ciudades cercanas como Toluca, Querétaro y Puebla. La descentralización industrial de la Ciudad de México ha favorecido el crecimiento de esta actividad en otros estados, especialmente los del norte, en donde a partir de la década de 1990 se establecieron nuevas empresas maquiladoras.



Figura 47. Foto aérea de la Ciudad de México.

Fuente: <http://www.universitam.com/?p=274>

4.1.4 CLIMA

Por estar ubicado en la zona intertropical, y por su latitud, en la Ciudad de México la temperatura es alta, sin embargo, la altitud y el relieve modifican esta condición, por ello 57% de su territorio presenta clima *templado*, 33% climas *semifríos* y 10% clima *semiseco* (figura 48).

La zona urbana presenta un clima templado lluvioso, con temperaturas que pueden ser superiores a 28° C en algunos días del final de la primavera y temperaturas que pueden bajar a 0° C o menos en enero. La temporada húmeda abarca de mayo a noviembre, si bien la pluviosidad es mayor entre los meses de junio y agosto. La última nevada ocurrió el 12 de enero de 1967 y abarcó toda la Ciudad. El patrón de las lluvias indica que son más abundantes mientras mayor sea la altitud de un sitio. Por ello, las partes bajas, cercanas al vaso del Lago de Texcoco, suelen ser más secas que las cumbres del Ajusco. De igual manera, la altitud condiciona la temperatura y los ecosistemas de la región. La zona que comprende el norte de Iztapalapa, los territorios de Iztacalco y Venustiano Carranza y el oriente de Gustavo A. Madero es la región más seca y templada. En contraste, las cumbres de Chichinauhtzin y el Ajusco están cubiertas de bosques de pino y encino, donde aún es posible encontrar algunas especies animales salvajes, como el teporingo (endémico de las regiones volcánicas del centro de México), serpientes de cascabel y aves de diferentes especies (SMN, 2010).

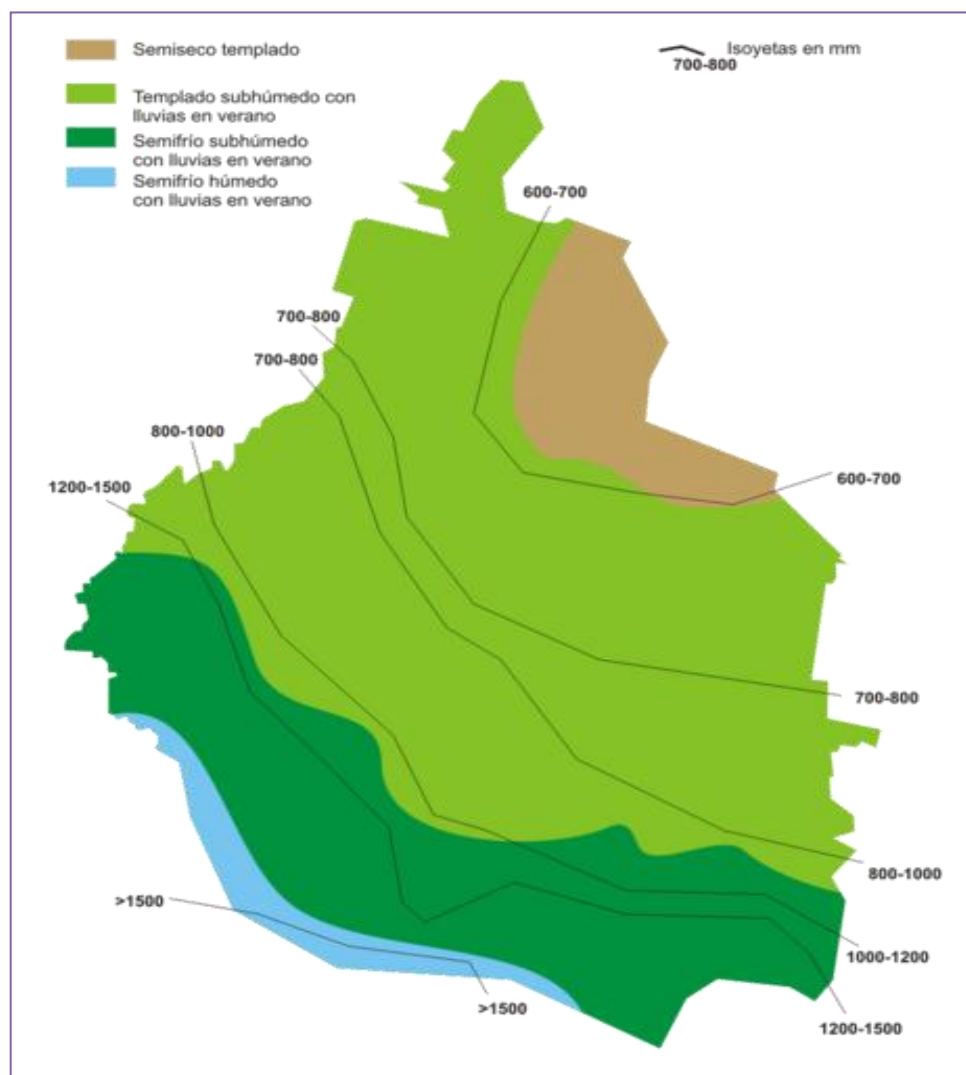


Figura 48. Climas de la Ciudad de México.

Fuente: INEGI.

A pesar de que en la Ciudad de México no se presentan condiciones de clima extremo, es evidente el caso de edificios habitacionales que no presentan características confortables. Una de las causas principales es que no cuentan con un adecuado control solar. Por ello, es importante tomar en cuenta consideraciones que puedan ayudar a mantener el confort, así como los beneficios económicos y ambientales que ya se han mencionado.

4.2 ANÁLISIS CLIMÁTICO

Los datos que fueron considerados para este trabajo son los establecidos con base en la medición derivada de la estación metereológica de Tacubaya, cuyas normas climatológicas comprenden el periodo de 1971-2001. Para el diseño óptimo de dispositivos de control solar es importante considerar las condiciones de temperatura (TBS), radiación, humedad relativa (HR) y los resultados de gráficas como la carta bioclimática, gracias a lo cual se puede determinar con exactitud los periodos que requieren de control solar y aquellos en los que se necesita permitir el calentamiento.

Como se especifica en el análisis de sitio, la Ciudad de México comprende climas que van del templado al semifrío. En lo que se refiere a la zona de Tacubaya, de donde se toman como referencia los datos climáticos para este análisis, se presenta un clima semifrío, cuyas características se analizan a continuación.

4.2.1 TEMPERATURA (TBS)

La temperatura de bulbo seco (TBS) es la temperatura normal del ambiente, medida con un termómetro convencional de mercurio. Es un factor esencial para determinar el confort higrotérmico (sensación de bienestar relacionado con la percepción que tiene el cuerpo respecto del ambiente, principalmente temperatura y humedad).

El análisis de temperatura es indispensable para determinar los periodos de bajo y sobrecalentamiento que se dan a lo largo del año, para entonces poder definir las cualidades óptimas para el diseño de dispositivos de control solar.

Los datos de temperaturas indican que el periodo más cálido se presenta en los meses de abril a junio (equinoccio de primavera y principios de verano), alcanzando temperaturas por encima de 19° C, mientras que el periodo más frío se presenta en los meses de diciembre a febrero (solsticio de invierno), presentando temperaturas por debajo de 16° C. Las temperaturas máximas oscilan entre 23°C y 26.8°C, la temperatura mas elevada se registra en abril y mayo, la cual se considera calurosa de acuerdo con la percepción humana.

La temperatura media anual es de 17.5°C (tabla 5).

En la tabla de datos horarios se puede comprobar que las horas críticas en las que se presenta sobrecalentamiento son de las 14 a las 17 h, en los meses más calurosos (abril y mayo). También se observa que, en promedio, de las 12 a las 13 h, y de las 18 a las 20 h se mantiene un lapso de confort, mientras que el resto del tiempo se presenta bajo calentamiento (tabla 6).

PARAMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURAS														
MAXIMA EXTREMA	°C	27.6	29.3	33.3	33.0	33.9	33.5	29.6	28.3	28.5	28.0	27.9	28.0	33.9
MAXIMA	°C	21.7	23.4	25.7	26.8	26.8	25.3	23.8	23.9	23.3	22.9	22.9	21.9	24.0
MEDIA	°C	14.6	15.9	18.1	19.6	20	19.4	18.2	18.3	18.0	17.1	16.3	15.0	17.5
MINIMA	°C	7.4	8.5	10.4	12.3	13.2	13.5	12.5	12.7	12.7	11.2	9.7	8.1	11.0
MINIMA EXTREMA	°C	-0.4	1.5	-0.1	6.5	7.8	8.1	8.5	9.8	6.8	4.8	2.6	1.0	-0.4
OSCILACION	°C	14.3	14.9	15.3	14.5	13.6	11.8	11.3	11.2	10.6	11.7	13.2	13.8	13.0

Tabla 5. Temperaturas de la Ciudad de México. Hoja de cálculo desarrollada por el Dr. Víctor A. Fuentes Freixanet.

TEMPERATURA																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ene	11.0	9.8	8.8	8.0	7.6	7.4	7.8	9.1	11.0	13.4	15.9	18.2	20.1	21.3	21.7	21.5	21.1	20.4	19.4	18.2	16.9	15.4	13.9	12.4
Feb	12.2	10.9	9.9	9.1	8.7	8.5	8.9	10.2	12.2	14.5	17.1	19.6	21.6	22.9	23.4	23.2	22.7	22.0	20.9	19.6	18.2	16.6	15.0	13.6
Mar	14.3	13.0	11.9	11.1	10.6	10.4	10.9	12.2	14.3	16.8	19.5	21.9	23.9	25.2	25.7	25.5	25.1	24.3	23.2	21.9	20.5	19.0	17.4	15.8
Abril	16.0	14.7	13.7	12.9	12.5	12.3	12.7	14.0	16.0	18.4	20.9	23.2	25.1	26.4	26.8	26.6	26.2	25.4	24.4	23.2	21.9	20.4	18.9	17.4
Mayo	16.6	15.5	14.5	13.8	13.3	13.2	13.6	14.8	16.6	18.8	21.2	23.4	25.2	26.4	26.8	26.7	26.2	25.5	24.6	23.4	22.1	20.7	19.3	17.9
Jun	16.5	15.5	14.6	14.0	13.6	13.5	13.9	14.9	16.4	18.4	20.4	22.3	23.9	24.9	25.3	25.2	24.8	24.2	23.3	22.4	21.2	20.0	18.8	17.6
Jul	15.4	14.4	13.6	13.0	12.6	12.5	12.8	13.9	15.4	17.3	19.2	21.0	22.5	23.5	23.8	23.7	23.3	22.7	22.0	21.0	20.0	18.9	17.7	16.5
Ago	15.5	14.6	13.8	13.2	12.8	12.7	13.0	14.0	15.5	17.3	19.3	21.1	22.6	23.6	23.9	23.8	23.4	22.8	22.0	21.1	20.0	18.9	17.7	16.6
Sep	15.4	14.5	13.7	13.2	12.8	12.7	13.0	13.9	15.3	17.1	18.9	20.6	22.1	23.0	23.3	23.2	22.8	22.3	21.5	20.7	19.6	18.6	17.4	16.4
Oct	14.2	13.2	12.3	11.7	11.3	11.2	11.6	12.6	14.2	16.1	18.2	20.0	21.6	22.6	22.9	22.8	22.4	21.8	21.0	20.0	19.0	17.8	16.6	15.3
Nov	13.0	11.9	11.0	10.3	9.8	9.7	10.1	11.2	13.0	15.2	17.4	19.6	21.4	22.5	22.9	22.8	22.3	21.6	20.7	19.6	18.3	17.0	15.6	14.3
Dic	11.6	10.4	9.4	8.7	8.3	8.1	8.5	9.7	11.5	13.8	16.2	18.4	20.3	21.5	21.9	21.7	21.3	20.6	19.6	18.5	17.1	15.7	14.3	12.9
ANUAL	14.3	13.2	12.3	11.6	11.2	11.0	11.4	12.5	14.3	16.4	18.7	20.8	22.5	23.6	24.0	23.9	23.5	22.8	21.9	20.8	19.6	18.2	16.9	15.5

Tabla 6. Datos horarios Ciudad de México. Hoja de cálculo desarrollada por el Dr. Víctor A. Fuentes Freixanet.

En la gráfica de temperaturas se observa claramente que a pesar de que las temperaturas mínimas se mantienen durante todo el año fuera de la zona de confort, es evidente el periodo en el que las temperaturas máximas sobrepasan de igual manera el límite superior de confort, originando con ello una fase de sobrecalentamiento (figura 49). También es importante considerar que la oscilación de temperaturas que se presenta en un mismo mes se da de 11° C hasta 15° C, en donde es el mes de marzo el que mayor oscilación presenta.

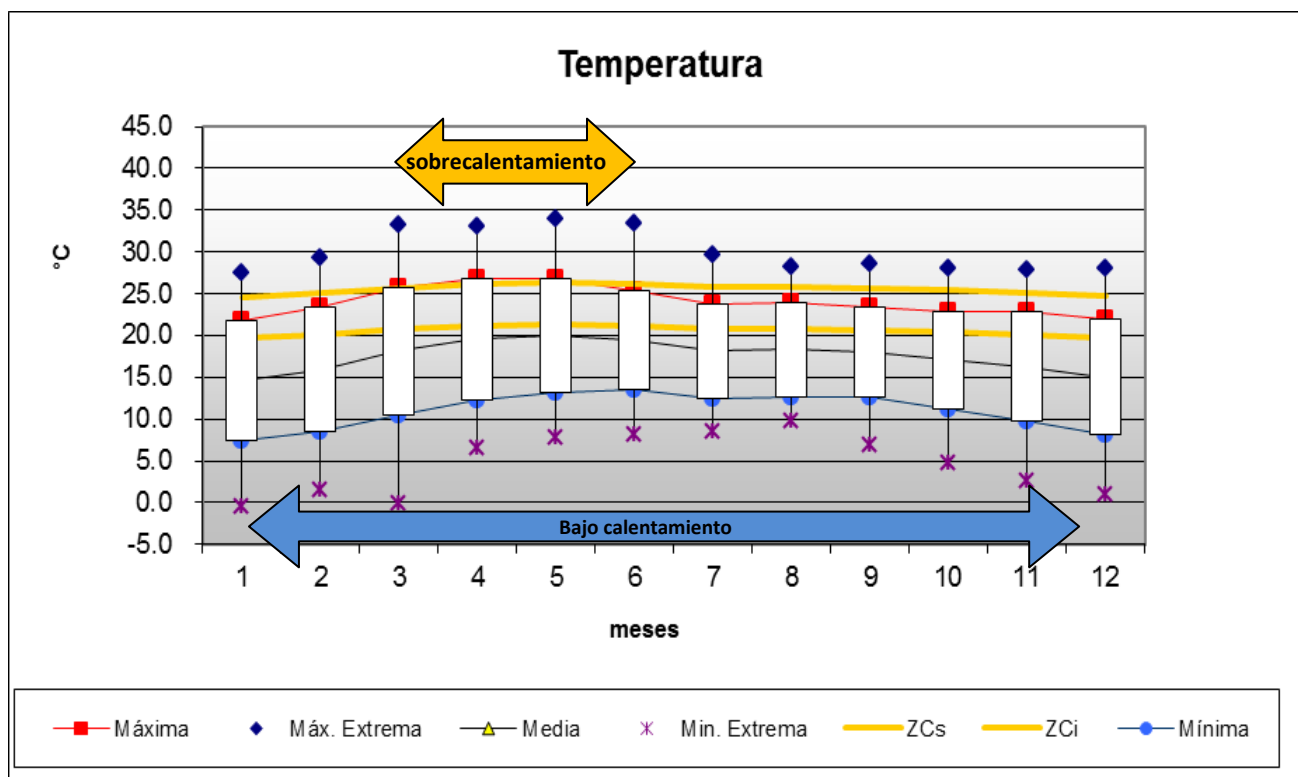


Figura 49. Gráfica de temperaturas de la Ciudad de México

4.2.2 HUMEDAD RELATIVA (HR)

La humedad relativa (HR) o grado de humedad, indica la relación en porcentaje entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura. La HR del aire depende de la temperatura y de la presión a la que se encuentre.

Es importante conseguir un equilibrio de HR debido a que cuando esta es baja (0%) causa exceso de pérdida de calor del cuerpo por evaporación de agua, lo que provoca sequedad de la piel y de las membranas mucosas; y cuando es alta (100%), significa un ambiente en el que no cabe más agua, el cuerpo humano no puede transpirar y la sensación de calor puede llegar a ser asfixiante, el sudor no se evapora con facilidad y el cuerpo no puede enfriarse adecuadamente. Por ello, puede considerarse como confortable un intervalo de HR de 45 a 70%.

En la Ciudad de México se puede observar que la humedad relativa media se mantiene en el intervalo de confort durante todo el año. La media anual de HR es de 56.6% (tabla 7). En la gráfica de datos horarios de la HR se puede comprobar que la mayor parte de las horas la HR se mantiene dentro del intervalo de confort. Solo en el periodo cálido (marzo y abril), de las 14 a las 17 h, está por debajo de 45%. Durante la noche hasta las primeras horas de la mañana del segundo semestre del año se presenta mayor HR, sin embargo, no llega a rebasar 90% (tabla 8).

PARAMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
HUMEDAD														
TEMP.BULBO HUMEDO	°C	8	8.5	9.4	10.6	11.9	13	12.8	13	12.8	11.5	9.9	8.7	10.8
H.R. MAXIMA	%	70	65	56	58	68	82	89	89	90	84	76	73	75.0
H.R. MEDIA	%	51	47	41	43	51	63	69	69	70	64	57	54	56.6
H.R. MINIMA	%	32	29	26	28	34	44	49	49	50	44	38	35	38.2
TENSION DE VAPOR MEDIA	mb													
EVAPORACIÓN	mm	126	148	212	212	206	166	151	146	125	135	117	120	1,864.0

Tabla 7. Humedad Relativa de la Ciudad de México

HUMEDAD RELATIVA																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ene	60	64	66	68	70	70	69	66	61	54	48	42	36	33	32	32	34	36	38	41	45	49	53	57
Feb	56	59	62	63	65	65	64	61	56	50	44	38	33	30	29	29	31	32	35	38	41	45	49	53
Mar	48	51	53	55	56	56	55	52	49	44	38	34	30	27	26	26	27	29	31	33	36	39	43	46
Abril	50	53	55	57	58	58	57	54	51	46	40	36	32	29	28	28	29	31	33	35	38	41	45	48
Mayo	59	62	65	67	68	68	67	64	60	54	48	43	38	35	34	34	35	37	40	42	46	49	53	56
Jun	72	76	78	80	82	82	81	78	73	66	60	54	48	45	44	44	46	48	50	53	57	61	65	69
Jul	79	82	85	87	89	89	88	84	79	72	66	59	54	50	49	49	51	53	56	59	63	67	71	75
Ago	79	82	85	87	89	89	88	84	79	72	66	59	54	50	49	49	51	53	56	59	63	67	71	75
Sep	80	83	86	88	90	90	89	85	80	73	67	60	55	51	50	50	52	54	57	60	64	68	72	76
Oct	74	77	80	82	84	84	83	79	74	67	61	54	49	45	44	44	46	48	51	54	58	62	66	70
Nov	66	70	72	74	76	76	75	72	67	60	54	48	42	39	38	38	40	42	44	47	51	55	59	63
Dic	63	67	69	71	73	73	72	69	64	57	51	45	39	36	35	35	37	39	41	44	48	52	56	60
ANUAL	66	69	71	73	75	75	74	71	66	60	53	47	42	39	38	39	40	42	44	47	51	55	59	62

Tabla 8. Datos horarios de la HR de la Ciudad de México

En la gráfica de HR se observa claramente que es a partir del segundo semestre del año cuando la HR máxima consigue porcentajes por encima del límite superior de la zona de confort, siendo 90% el intervalo máximo alcanzado. Mientras tanto, solo de febrero a abril se presenta una leve disminución de HR, ligeramente por debajo del límite inferior de la zona de confort. Estos datos están en relación inversamente proporcional con los datos de temperatura, ya que, a mayor temperatura, la HR disminuye, mientras que cuando la temperatura disminuye, la HR aumenta (figura 50).

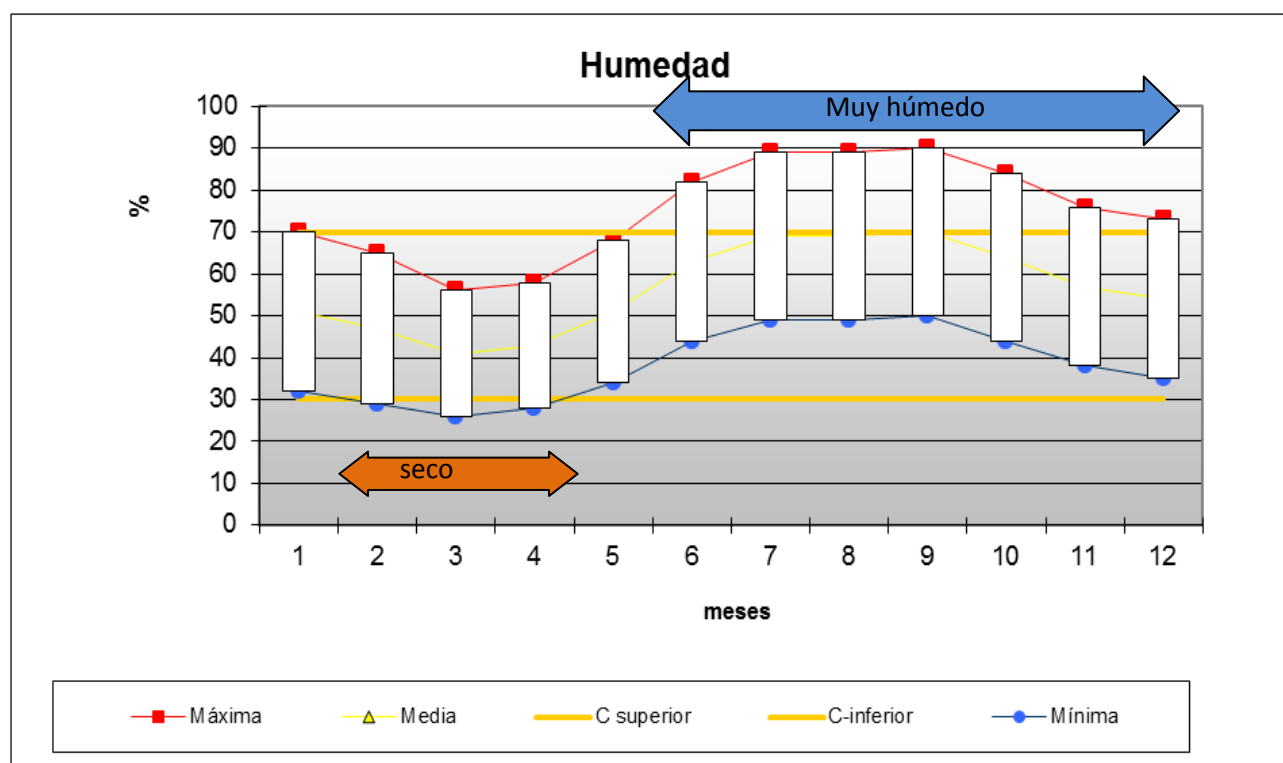


Figura 50. Gráfica de HR de la Ciudad de México

4.2.3 RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. Se entiende como la energía en forma de ondas electromagnéticas que recibimos del astro rey, de las cuales, solo algunas pueden ser percibidas por el ojo humano, mientras que otra parte (ondas ultravioletas cortas) es absorbida por la atmósfera.

La exposición inadecuada a los rayos del sol puede causar severos daños a la salud. Además, la radiación solar directa al interior de un espacio puede llegar a ser molesta y es la principal causa del incremento de temperatura. Por ello, resulta importante conocer los datos de radiación solar que se presentan en esta localidad.

La radiación solar máxima directa se presenta durante los meses de enero a abril. Se registran en este periodo radiaciones máximas arriba de 600 W/m^2 . En donde 474.8 W/m^2 se registró como la radiación máxima anual (tabla 9).

El promedio anual de la radiación solar máxima directa es de 474.8 W/m^2 , registrandose de las 11 a las 14 h las radiaciones más elevadas, la radiación solar máxima directa mas alta es de 643 W/m^2 , y se registró durante el mes de febrero (tabla 9).

PARAMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
RADIACION SOLAR														
RADIACION MAXIMA DIRECTA	W/m2	572.0	643.0	603.0	534.0	489.0	406.0	389.0	408.0	416.0	424.0	428.0	386.0	474.8
RADIACION MAXIMA DIFUSA	W/m2	73.0	103.0	146.0	216.0	229.0	258.0	228.0	228.0	221.0	204.0	182.0	185.0	189.4
RADIACION MAXIMA TOTAL	W/m2	645.0	746.0	749.0	750.0	718.0	664.0	617.0	636.0	637.0	628.0	610.0	571.0	664.3
INSOLACION TOTAL	hr													0.0

Tabla 9. Radiación solar de la Ciudad de México

RADIACIÓN SOLAR MÁXIMA DIRECTA																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ene	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.3	153.9	303.7	441.7	537.7	572.0	537.7	441.7	303.7	153.9	31.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Feb	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.2	199.8	361.9	507.5	607.5	643.0	607.5	507.5	361.9	199.8	58.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	79.4	213.2	358.5	486.0	572.4	603.0	572.4	486.0	358.5	213.2	79.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Abril	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	93.9	211.5	333.8	438.8	509.2	534.0	509.2	438.8	333.8	211.5	93.9	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mayo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	102.6	208.8	316.3	407.2	467.8	489.0	467.8	407.2	316.3	208.8	102.6	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Jun	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.1	91.1	178.6	266.2	339.9	388.9	406.0	388.9	339.9	266.2	178.6	91.1	21.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Jul	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.6	82.6	167.0	252.2	324.3	372.2	389.0	372.2	324.3	252.2	167.0	82.6	16.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ago	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	73.0	162.8	255.9	335.7	389.2	408.0	389.2	335.7	255.9	162.8	73.0	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sep	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	54.8	147.1	247.4	335.3	394.9	416.0	394.9	335.3	247.4	147.1	54.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Oct	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.1	132.5	239.2	334.9	400.7	424.0	400.7	334.9	239.2	132.5	39.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nov	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.9	115.8	227.8	330.8	402.4	428.0	402.4	330.8	227.8	115.8	23.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dic	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	97.2	199.7	295.2	362.1	386.0	362.1	295.2	199.7	97.2	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ANUAL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.5	167.9	282.3	382.7	450.8	474.8	450.8	382.7	282.3	167.9	62.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 10. Datos Horarios de Radiación solar máxima directa de la Ciudad de México

4.2.4 CARTA BIOCLIMÁTICA

Consiste en un sistema de representación gráfica de las diferentes variables térmicas que influyen en la sensación del confort térmico, sobre los que se establecen condiciones de confort en función de los índices térmicos. Una de las cartas bioclimáticas más habituales es la Carta Bioclimática de Olgyay, que es un diagrama de condiciones básicas donde el eje de abscisas representa la humedad relativa y el de coordenadas la temperatura.

Dentro de este diagrama se localiza una zona de confort cuyos valores representan los límites de una sensación térmica agradable para el ser humano.

La carta bioclimática es específica para cada sitio ya que depende de las condiciones particulares de temperatura y humedad representativa del clima. La carta bioclimática permite analizar el comportamiento térmico con respecto a la zona de confort y este puede realizarse por mes o día para mayor exactitud.

El análisis que se realizó para la ciudad de México se despliega en dos cartas las cuales representan un semestre del año, esto con el fin de distinguir mejor cada uno de los meses.

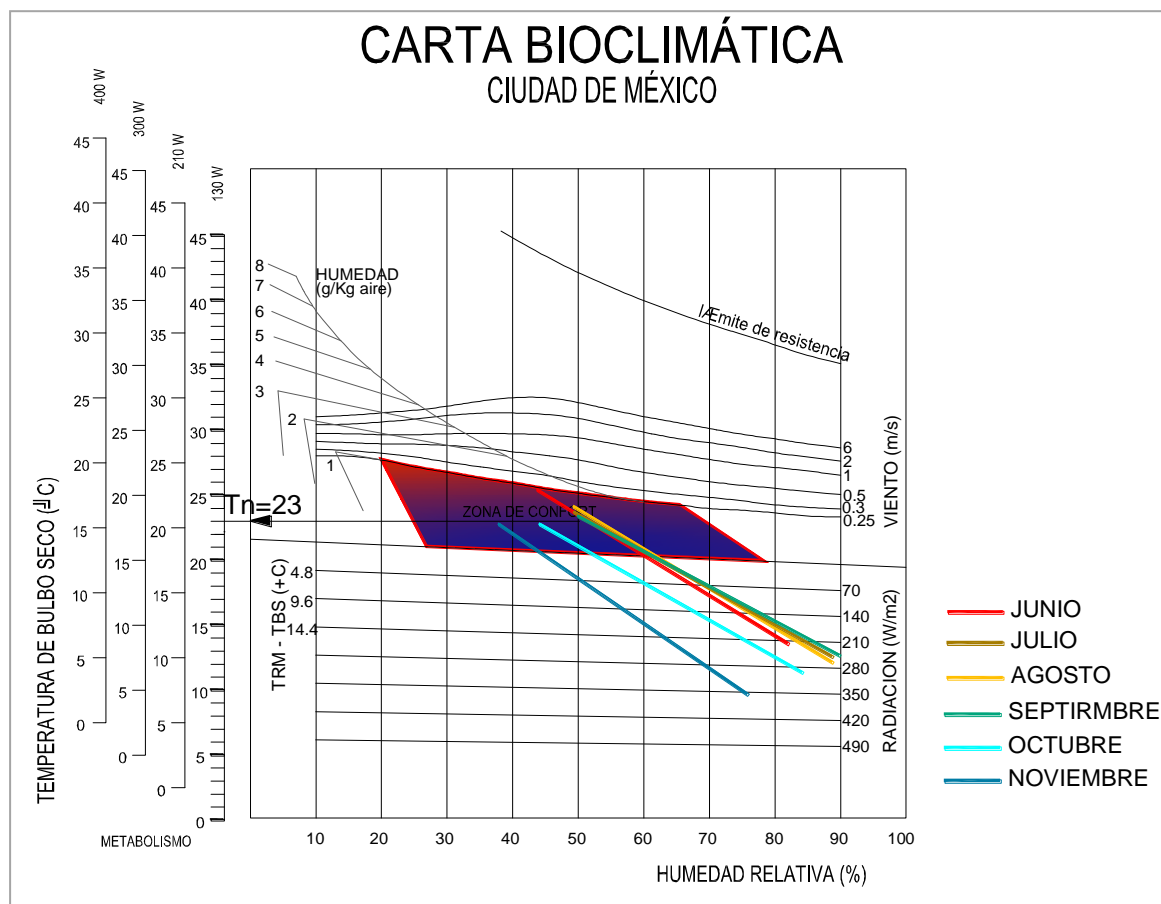


Figura 52. Carta Bioclimática de la Ciudad de México (segundo semestre)

A pesar de que durante todo el año se requiere radiación solar, de abril a junio del primer semestre del año, y julio y septiembre del segundo semestre, presentan temperaturas que alcanzan los límites superiores de la zona de confort. Por ello, resulta indispensable considerar en el diseño de dispositivos, tanto los requerimientos que permitan la radiación solar para calentamiento, como los de control solar, para evitar sobrecalentamiento (figuras 51 y 52)

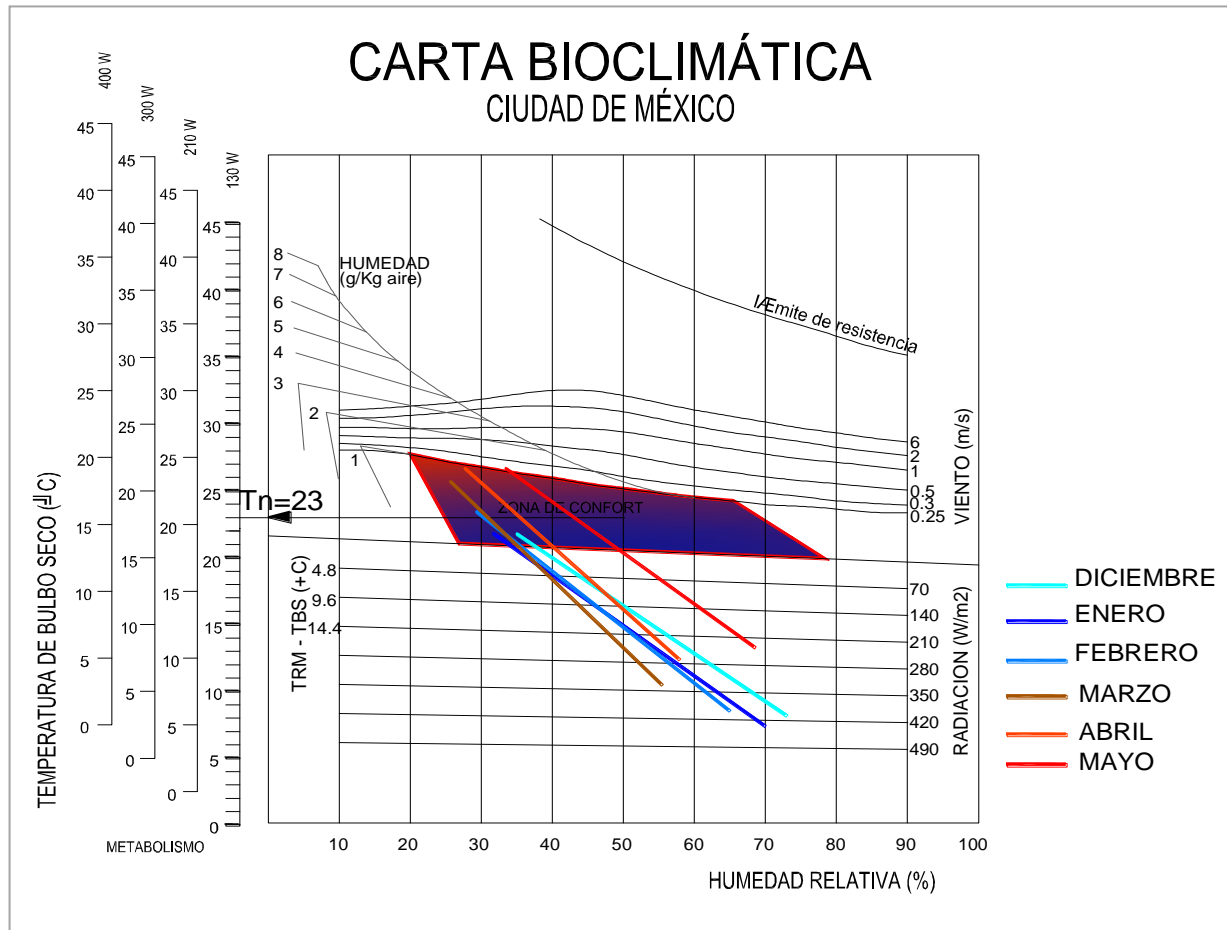


Figura 51. Carta bioclimática de la Ciudad de México (primer semestre)

4.3 ÁREA DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

La parte empírica de este trabajo se llevó a cabo en módulos de experimentación diseñados para realizar en ellos diversas pruebas, planteadas para influir en el comportamiento térmico interior, con el fin de medir a una escala real y permitir que los alcances y resultados de las propuestas se apeguen a la realidad. Dichos módulos están ubicados en las instalaciones del Centro de Investigación y estudios Avanzados (CINVESTAV), en la Ciudad de México.

Los módulos fueron contruidos en un área que proporciona las condiciones adecuadas para la experimentación de factores medioambientales. Además, evitan cualquier obstrucción de elementos cercanos, como edificios o árboles. Los módulos fueron contruidos con la misma orientación y características constructivas (figuras 53 y 54).

Se consideró conveniente construir cinco módulos de prueba (MP) y un módulo de control (MC). Este último fue creado con el fin de que funcionara como módulo base para obtener un parámetro de comparación respecto de los diferentes experimentos que se efectuarán en los demás.



Figura 53. Zona de experimentación (CINVESTAV), Ciudad de México.

Fuente: <http://maps.google.com.mx/>



Figura 54. Zona de experimentación (CINVESTAV) Ciudad de México.
Foto del autor.

Cada módulo fue construido con paneles ligeros de poliestireno de 10 cm de espesor, en muros y 12.5 cm en las losas, desplantados sobre una losa de cimentación de concreto armado de 10 cm. Cada uno de ellos con la misma orientación, dimensiones y características constructivas (figuras 55 y 56).



Figura 55. Armado de módulos con panel COVINTEC
Foto del autor



Figura 56. Base de concreto armado.
Foto del autor

El aplanado que se aplicó en ambas caras de los muros y losa en todos los módulos fue a base de mortero cemento-arena, de 3 cm de espesor, con acabado fino, para evitar la porosidad que puede retener mayor humedad (figuras 57 y 58).



Figura 57. Repellado cemento-arena. Foto: autor



Figura 58. Acabado fino. Foto del autor.

Como acabado final se aplicó pintura elaborada a base de cal, agua, sal y baba de nopal en los muros, tanto interiores como exteriores (figuras 59 y 60). Para las losas se elaboró un impermeabilizante a base de cal, alumbre, jabón y agua (figuras 61 y 62), propuesto con el fin de emplear materiales accesibles, económicos y ecológicos.



Figura 59. Preparación de pintura a base de cal.
Foto del autor.



Figura 60. Colocación de pintura a base de cal en muros ambas caras (3 manos). *Foto del autor.*



Figura 61. Preparación de impermeabilizante a base de cal, jabón, alumbre y sal. *Foto del autor.*



Figura 62. Aplicación en losa de impermeabilizante (3 manos). *Foto del autor.*

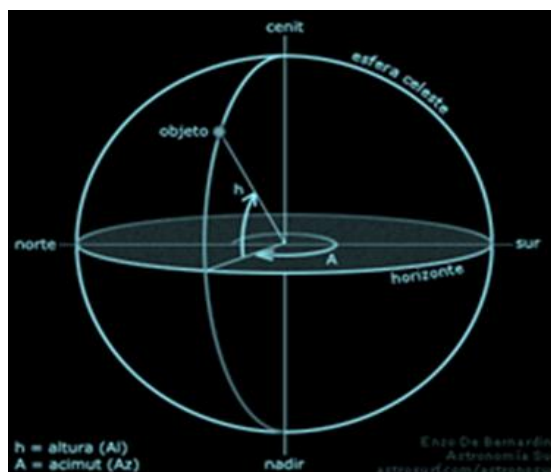
Con el fin de aprovechar diferentes orientaciones para algunas pruebas, se consideró que en cada orientación de todos los módulos se hiciera una abertura que permitiera funcionar como ventana. Con este propósito se planteó sustituir la colocación de vidrio con placas de poliestireno expandido de 1" de espesor, con densidad de 12 kg/m³, marca Petropac (figura 63), para que pudieran aislarse los huecos de las orientaciones, con el fin de simular un muro sin aberturas, para evitar filtraciones de agua, viento, sol y/o iluminación cuando se requiriera.



Figura 63. *Placas de poliestireno expandido en aberturas. Foto: Autor.*

CAPÍTULO 5

Aplicación de la Geometría Solar para el diseño de dispositivos



5.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE GEOMETRÍA SOLAR

El sol representa uno de los factores naturales que más influye en el proceso arquitectónico, debido principalmente a la aportación lumínica y térmica que puede ejercer sobre cualquier lugar. Es por ello que la climatización natural se puede lograr en gran parte gracias a la adecuada orientación y a las medidas de control solar que se propongan en cualquier proyecto.

Uno de los principales objetivos de la arquitectura bioclimática es encontrar un equilibrio entre los periodos de bajo calentamiento, en los cuales se deben aprovechar al máximo las aportaciones de la radiación solar, y los periodos de sobrecalentamiento, cuando se debe considerar la protección al máximo de la infiltración de los rayos solares para evitar que se eleve la temperatura. Un diseño adecuado de dispositivos de control solar puede contribuir considerablemente para lograr este equilibrio.

Desde sus inicios, el hombre buscó comprender el comportamiento del universo basándose en la observación de su entorno y los fenómenos que ocurrían en éste. Así, fue adquiriendo conocimientos de la trayectoria solar y la influencia que éste tenía sobre sus actividades, conocimiento que permitió construir sus viviendas aprovechando eficientemente la energía. Un claro ejemplo de ello se refleja en la arquitectura vernácula griega o en la arquitectura maya, como en Chichen Itzá (figura 64).



Figura 64. *Templo del Kukulcán. Zona arqueológica de Chichen Itzá, México. Fuente: <http://thefives.wordpress.com/category/piramide-de-kukulkan/>*

En la actualidad es frecuente que en la mayoría de los intentos de modernizar los sistemas arquitectónicos se llegue a confundir y relacionar a la tecnología con complejidad y muchas veces disfuncionalidad, situación que en gran parte se debe a la importación de sistemas tecnológicos que no consideran las adecuaciones correspondientes a las características propias de cada localidad.

Es importante destacar que la base fundamental para el buen funcionamiento y diseño en lo que se refiere a dispositivos de control solar se determina al considerar los principios básicos de la geometría solar, lo cual permitirá que los sistemas de control solar sean desarrollados de una forma asertiva y funcional.

5.1.1 EL SOL

Por ser el Sol la más grande e importante fuente de calor, luz y energía para la tierra, conviene conocer algunos aspectos básicos de su composición y funcionamiento para poder entender y analizar mejor su trayectoria y los efectos que provoca sobre la superficie terrestre. El Sol está compuesto principalmente por hidrogeno y helio y es la estrella más cercana a la tierra.

La energía solar llega a la tierra en forma de radiación electromagnética. Se extiende desde rayos ultravioleta de 200 nanómetros (nm) de longitud de onda, hasta ondas infrarrojas de 3,000 nm de longitud. Y el máximo de radiación se da a los 500 nm (SOKOLAY, 1978).

La temperatura de aire y la intensidad de radiación presentan variaciones que se deben principalmente a la forma elíptica de la órbita que tiene la tierra respecto del Sol, así como a la rotación del eje terrestre. La intensidad de radiación varía inversamente con el cuadrado de la distancia del Sol.

La tierra está sometida a diversos movimientos respecto del Sol, los más significativos son:

- *Movimiento de Translación.* Es el que da la Tierra sobre su órbita alrededor del Sol.

Este movimiento transcurre con una duración de 365 días y 6 horas (figura 65).

CAPÍTULO 5. Aplicación de la geometría solar para el diseño de dispositivos

- *Movimiento de Rotación.* Es el que da la tierra sobre su propio eje (eje terrestre).
Se lleva a cabo en el transcurso de 23 horas 56 minutos y 6 segundos (figura 66).



Figura 65. Movimiento de Translación de la tierra.

Fuente: <http://www.doslourdes.net/monogr%C3%A1ficos-el-sol.htm>

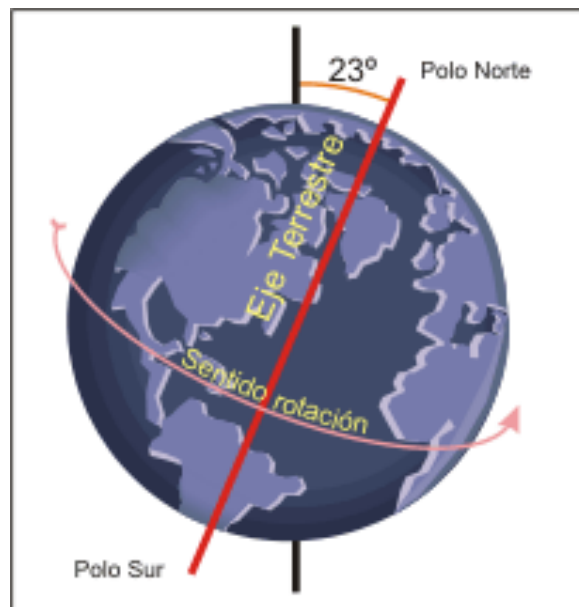


Figura 66. Movimiento de Rotación de la tierra.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Movimientos_de_la_Tierra

El plano de la eclíptica es el que contiene a la órbita terrestre y forma un ángulo respecto del Ecuador de $23^{\circ}27'$ y se presenta el 21 de junio (figura 66). A la latitud geográfica en ese punto se le conoce como Trópico de Cáncer.

La razón por la cual los rayos que inciden perpendicularmente en la superficie terrestre lo hacen en puntos diferentes cada día del año es porque a lo largo de su desplazamiento orbital, la inclinación de eje de rotación siempre es paralela a sí mismo.

Las características de las estaciones del año (solsticios de invierno y verano, y equinoccios de primavera y otoño) dependen básicamente del ángulo de declinación solar, que es el ángulo que se da entre los hemisferios (norte o sur), el rayo solar y el Ecuador. Con base en este dato se determina que se presentan de la siguiente manera:

- **SOLSTICIO DE VERANO:** Fecha en la que se presenta el ángulo de máxima declinación positiva del hemisferio norte entre el rayo solar y el Ecuador, que es de $+23^{\circ}27'$ (21 de junio).
- **SOLSTICIO DE INVIERNO:** Fecha en la que se presenta el ángulo de máxima declinación negativa del hemisferio sur entre el rayo solar y el Ecuador, que es de $-23^{\circ}27'$ (21 de diciembre).
- **EQUINOCCIOS DE PRIMAVERA Y VERANO:** Puntos en los que los rayos solares inciden perpendicularmente sobre el Ecuador, con una declinación igual a 0° (21 de marzo y 23 de septiembre, respectivamente).

La duración del día y de la noche también dependen de las variaciones del ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre.

5.1.2 ESFERA CELESTE

La esfera celeste es la proyección de la superficie terrestre en el cielo considerando como su centro a la tierra, y consiste básicamente en una esfera transparente sobre la cual se puede observar el desplazamiento del sol, cuyos rayos están dirigidos siempre hacia el centro de la esfera.

Desde cualquier posición en la superficie terrestre, un círculo de horizonte divide la esfera celeste en dos secciones: superior (visible en el cielo) e inferior (invisible, bajo nuestros pies, del otro lado de la Tierra).

En la esfera celeste se pueden determinar puntos fundamentales para la geometría solar (figura 67). Entre estos se encuentran el *polo norte celeste* (PNC) y el *polo sur celeste* (PSC). Se define el *cenit* (o *zenit*) como el punto vertical más alto de la esfera celeste en relación con el horizonte. El punto diametral opuesto se denomina *nadir*.

Existen también dos coordenadas geográficas fundamentales, que permiten localizar con precisión la ubicación de cualquier punto de la superficie terrestre. La primera de estas se denomina *latitud* y se obtiene del ángulo que forma la vertical del lugar con el plano del Ecuador. Dependiendo del hemisferio en el que se encuentre, puede ser positiva o negativa, y se mide en un intervalo de 0 a 90°. La segunda es la *longitud*, la cual se mide del ángulo a lo largo del Ecuador desde cualquier punto de la Tierra.

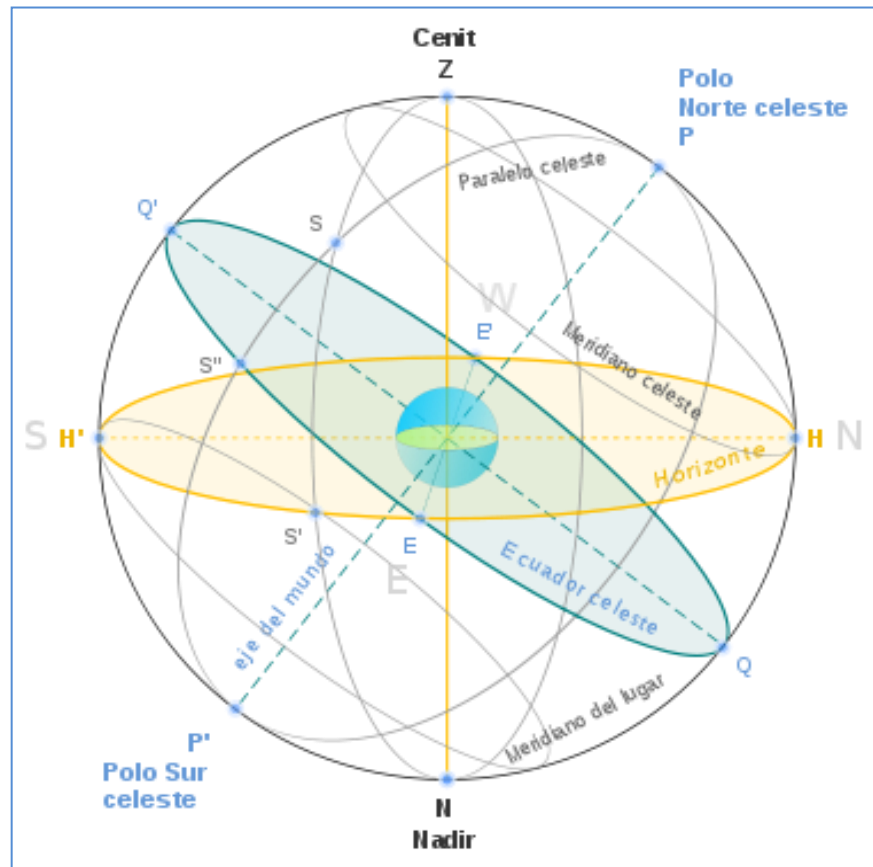


Figura 67. Esfera Celeste.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Esfera_celeste

Por esto se afirma que todos los puntos que se encuentran en un mismo paralelo tienen igual latitud; todos los puntos que se encuentran en un mismo semimeridiano tienen igual longitud (DE HOYOS, 1985).

Otros ángulos importantes a considerar en la geometría solar son el que se forma sobre el plano horizontal formado por el eje norte-sur verdadero y la proyección vertical del sol sobre el horizonte, denominado *acimut*; y el que forma el rayo del sol observado con el horizonte, medido en un intervalo entre el horizonte (0°) y el cenit (90°), que se conoce como *altura* (figura 68).

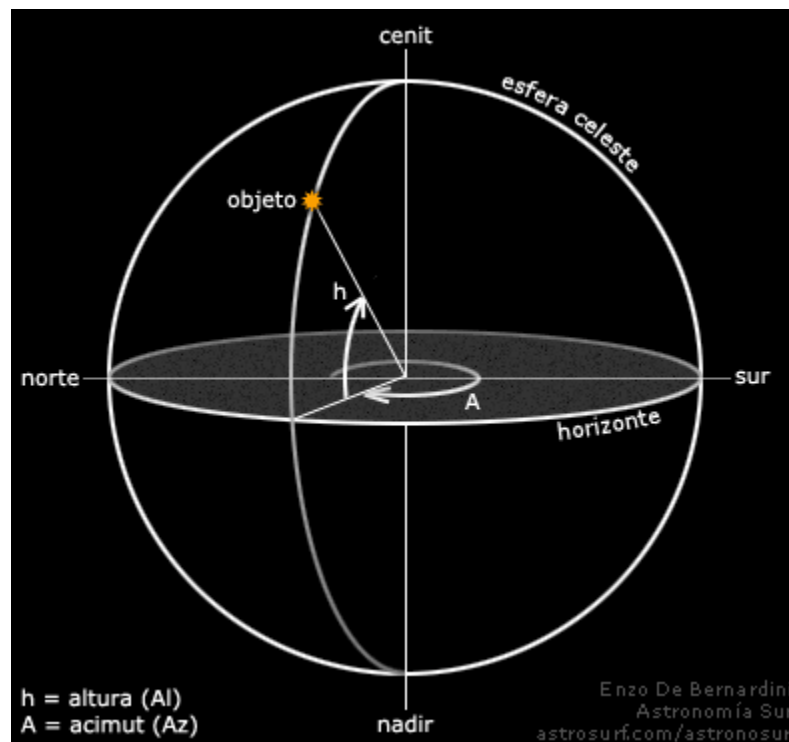


Figura 68. *Ángulos de altura y acimut.*

Fuente: <http://astrosurf.com/astronosur/coordenadas.htm>

Estas dos coordenadas celestes (altura y acimut) constituyen los datos básicos para cualquier estudio de asoleamiento en el diseño o cualquier otra aplicación en que se precise conocer la posición del sol en un momento determinado (FERREIRO, 1985).

Es por ello que la geometría solar se puede considerar como una de las herramientas más importantes dentro del proceso de diseño arquitectónico. El conocimiento de la trayectoria solar y de sus componentes térmicas es fundamental para determinar las orientaciones adecuadas para cada espacio, así como para un adecuado diseño de ventanas y dispositivos de control solar.

Para ello existen diferentes métodos de análisis, con aplicaciones específicas, los cuales se pueden agrupar en:

- **Modelos matemáticos.** Proporcionan datos con mayor precisión, generalmente empleados con fines más técnicos; existen modelos matemáticos de trayectoria y posición, y modelos matemáticos de energía.
- **Modelos gráficos.** Los más empleados para fines arquitectónicos y de diseño, dentro de los cuales existen distintos diagramas como son: diagramas solares de trayectoria y posición y diagramas solares energéticos.
- **Modelos físicos de simulación.** Consisten en representaciones a escala que nos permiten simular físicamente el comportamiento de la trayectoria solar sobre un edificio u objeto determinado, lo cual se lleva a cabo a través de maquetas y heliodones o máquinas de simulación solar.

A continuación se precisarán los modelos que se emplearon para el diseño de dispositivos de control solar que se presentan en este trabajo.

5.1.4 PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA

La proyección estereográfica es una representación plana de la ruta solar en la cual se representan las coordenadas solares en un solo plano (figura 69). Es útil para el estudio de sombras proyectadas y para la evaluación de dispositivos de control solar.

En la gráfica de proyección estereográfica se pueden sobreponer los diagramas de temperaturas horarias, sombreado y de iluminación o establecer intervalos y variaciones de temperaturas que facilita el análisis de cualquier localidad. Es útil para la evolución de los dispositivos de control solar, ya que en ella se pueden hacer estudios de sombras.

CAPÍTULO 5. *Aplicación de la geometría solar para el diseño de dispositivos*

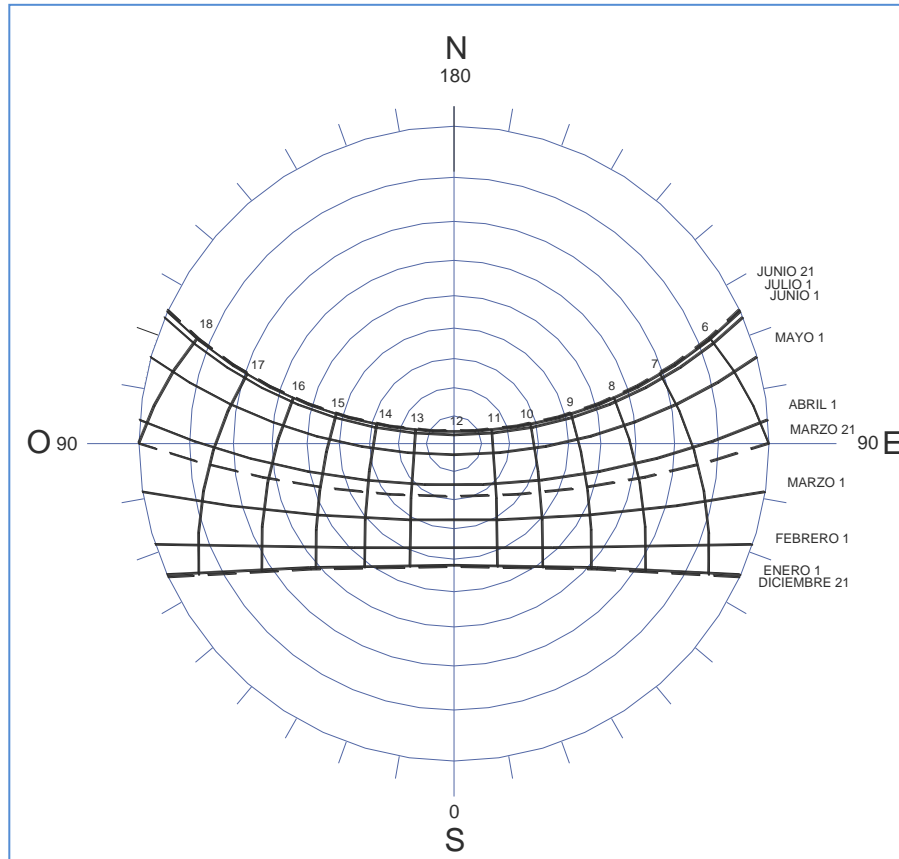


Figura 69. *Gráfica de proyección estereográfica.*
Fuente: Autor. Programa: AutoCad.

5.1.5 MASCARILLA DE SOMBREADO

Se emplea para determinar la protección resultante (zonas de sombreado) de los dispositivos de control solar. Es un diagrama formado por líneas curvas convergentes que bisecan la esfera celeste con planos inclinados a cada 10° desde el horizonte hasta el cenit (para dispositivos horizontales) y desde el sur hasta el norte (para dispositivos verticales) (figura 70).

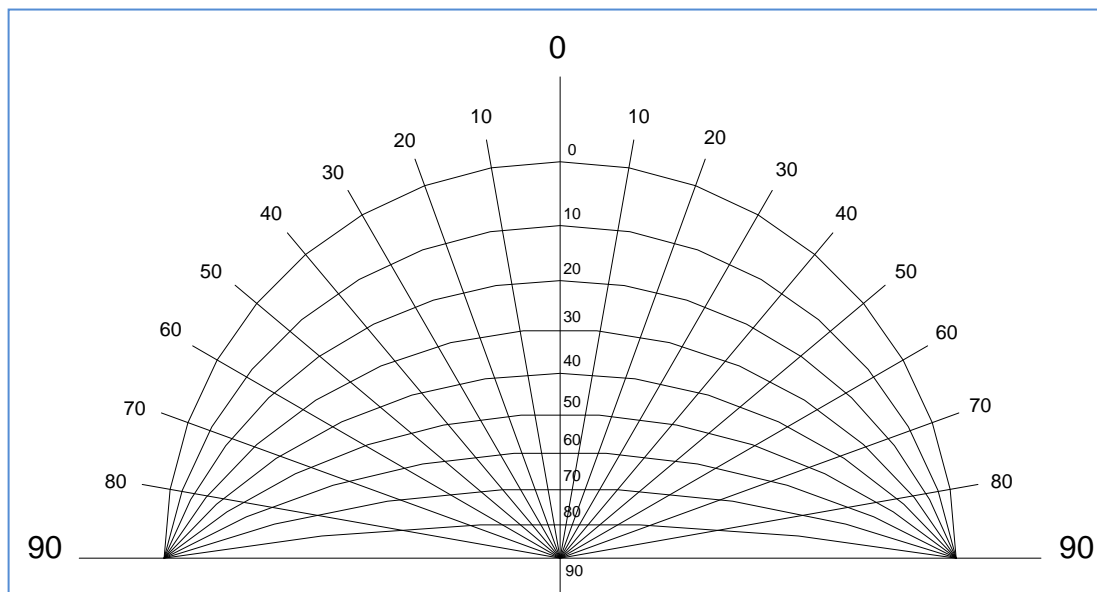


Figura 70. Mascarilla de sombreado. Fuente: Autor. Programa: AutoCad.

Mediante la posición de la mascarilla de sombreado sobre la proyección estereográfica se podrá(n) determinar gráficamente la(s) hora(s), día(s) y/o mes(es) de sombreado de los dispositivos a analizar, o en su caso, la incidencia de los rayos solares.

Asimismo, se pueden establecer parámetros de sombreado convenientes en la fachada a analizar, para poder determinar el diseño de ángulos del dispositivo de control solar, para que éste sea eficiente en la orientación y época que se requieran para esa localidad.

5.1.6 PROYECCIÓN ORTOGONAL

La proyección ortogonal consiste en la representación de la bóveda celeste y las trayectorias solares que se dan sobre ésta, la cual nos da la posibilidad de determinar dichas proyecciones para una ubicación geográfica específica (figura 71).

Mediante la proyección ortogonal se determinarán los ángulos solares críticos que deberán bloquearse a través de dispositivos de control solar para la disminución de temperatura.

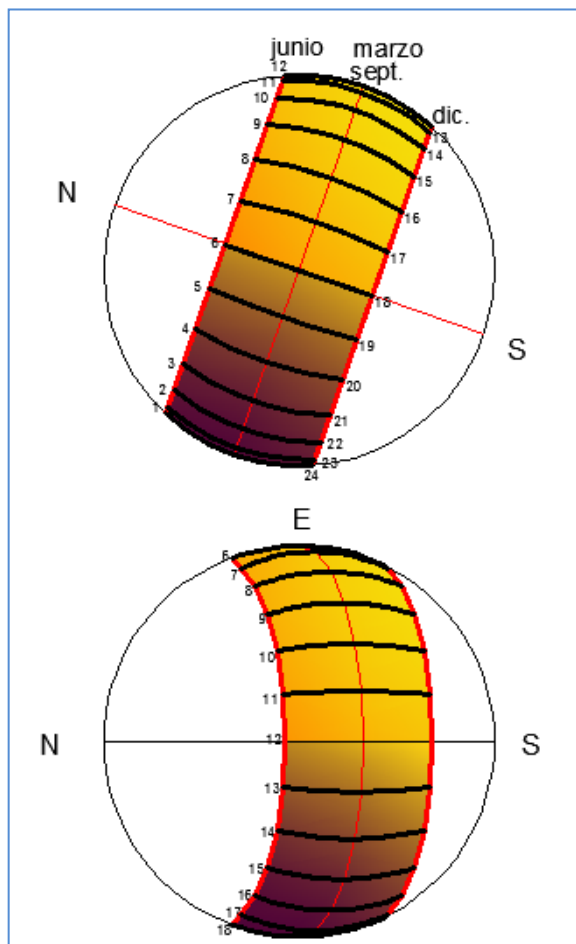


Figura 71. Proyección Ortogonal.
Fuente: Autor. Programa: AutoCad.

5.2 APLICACIÓN DE GEOMETRÍA SOLAR PARA ANÁLISIS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

El diseño de los dispositivos de control solar que se proponen en este trabajo se determinó con base en los siguientes modelos gráficos: *gráfica de proyección estereográfica, mascarilla de sombreado y gráfica de proyección ortogonal*.

5.2.1 PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

En la proyección estereográfica se superpusieron los datos horarios de temperatura de la Ciudad de México para poder determinar los meses y horas en que se necesita protección solar, para evitar el sobrecalentamiento, la cual está indicada en color amarillo.

En la proyección estereográfica del primer semestre del año se puede observar claramente que los meses de abril y mayo necesitan protección solar de las 14 a las 17 h, y solo de las 15 a las 16 h durante el mes de marzo es la hora crítica que se debe considerar para control solar. Durante el resto del año no se presentan condiciones de sobrecalentamiento. En el segundo semestre tampoco se presentan condiciones de sobrecalentamiento. También se puede comprobar que en las primeras horas de la mañana durante todo el año, se presentan condiciones fuera del límite inferior de la zona de confort (figura 72).

Con ello podemos deducir que la protección solar se necesita sólo para el periodo de marzo a mayo y sólo durante las horas críticas que se presentan por la tarde, mientras

CAPÍTULO 5. *Aplicación de la geometría solar para el diseño de dispositivos*

que las primeras horas de la mañana, de las 9 a las 11 h se requiere de evitar el bloqueo de ganancias solares en lo que se refiere a todo el año (figura 73).

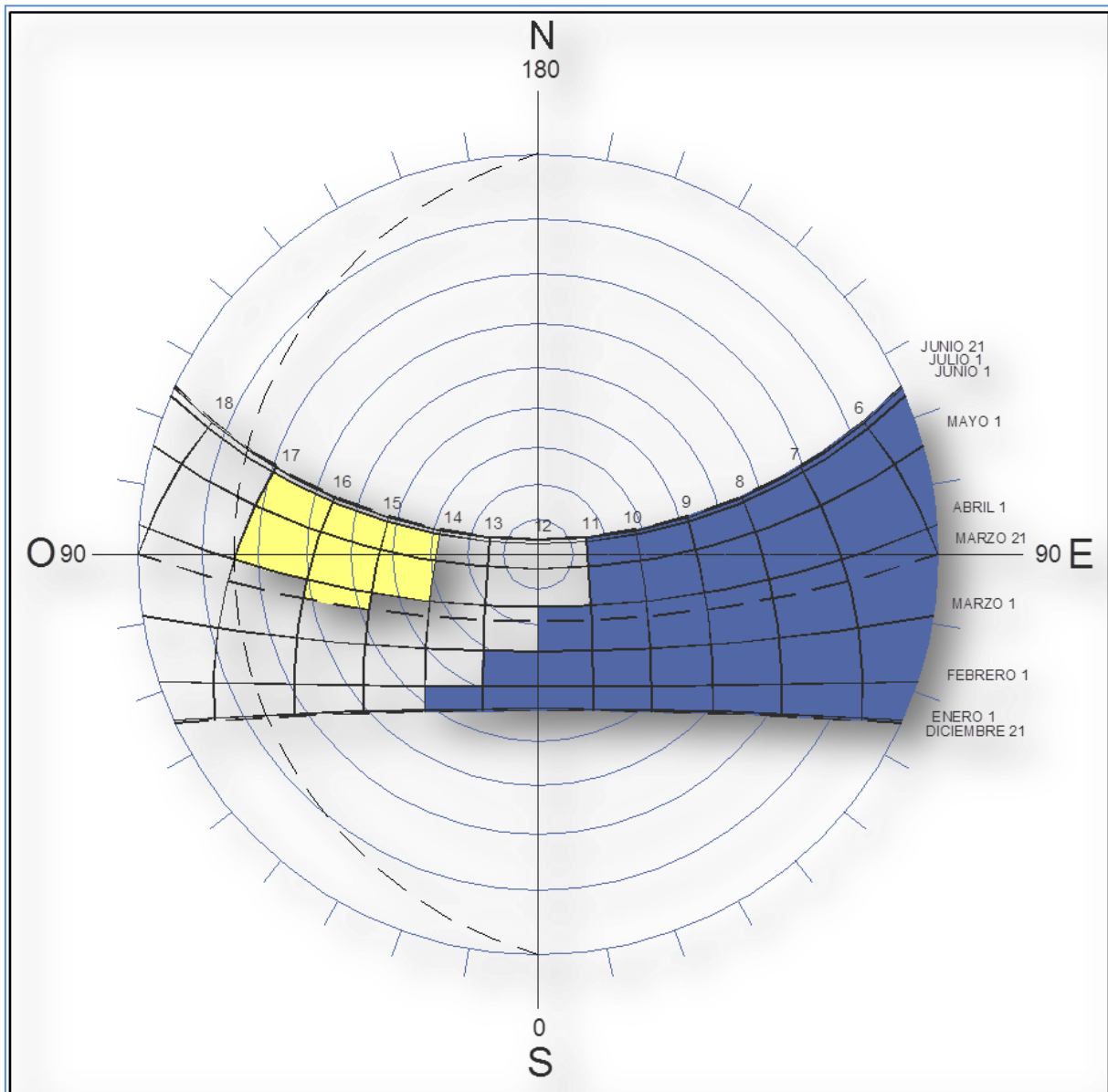
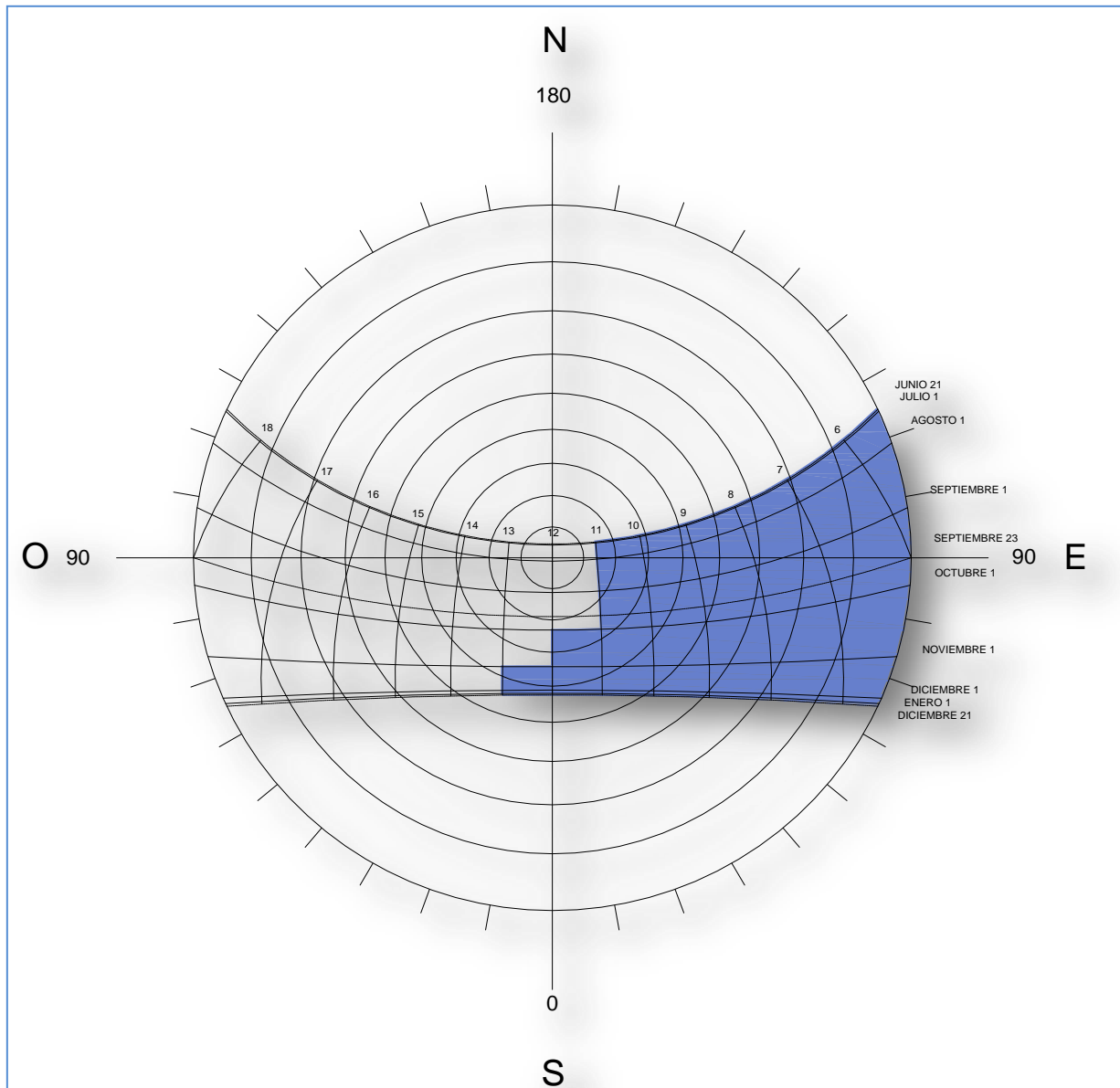


Figura 72. Proyección Estereográfica primer semestre de la Ciudad de México.
Fuente: Autor. Programa: AutoCad.



Fuente: Autor. Programa: AutoCad.

CAPÍTULO 5. Aplicación de la geometría solar para el diseño de dispositivos

Una vez colocada la mascarilla de sombras, se ubicarán los puntos críticos que serán necesarios sombrear mediante el dispositivo de control solar (figura 75)

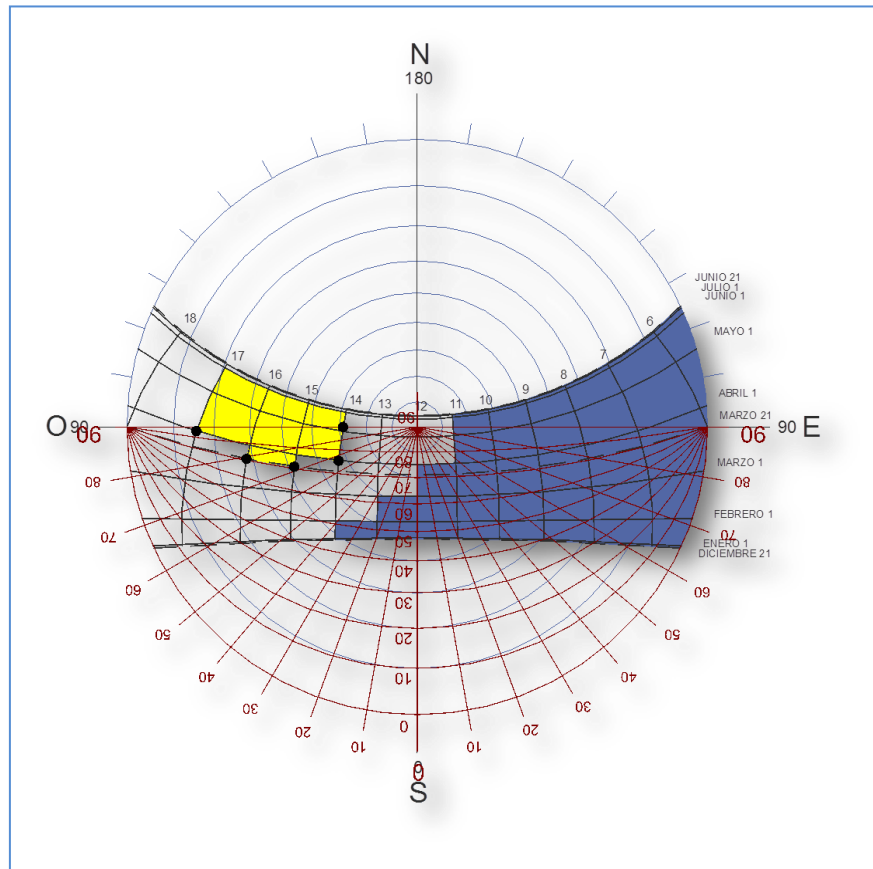


Figura 75. Localización de puntos críticos sobre mascarilla de sombreado. Fuente: Autor. Programa: AutoCad.

Localizados los puntos críticos, se puede determinar que el ángulo de incidencia solar que se deberá cubrir con el dispositivo de control solar en sentido horizontal es de 70° y en sentido vertical es de 23° (figura 76), generalmente para las orientaciones sur los dispositivos idóneos son los horizontales tales como volados, remetimientos, toldos, etc.

CAPÍTULO 5. *Aplicación de la geometría solar para el diseño de dispositivos*

Para este caso se requiere cubrir también los ángulos en el sentido vertical, por lo que el dispositivo tendrá que ser un dispositivo combinado.

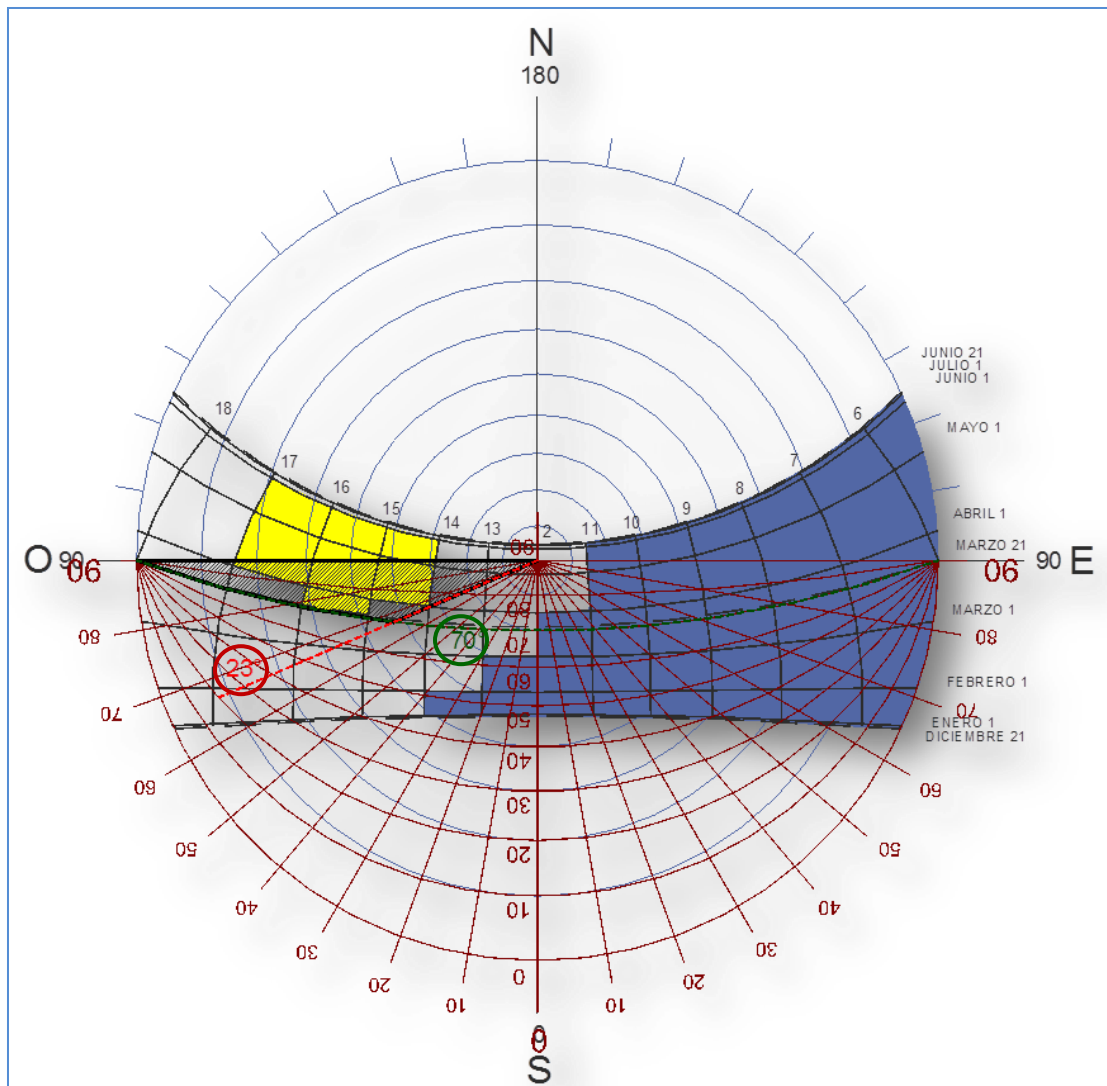


Figura 76. Determinación de ángulos sobre mascarilla de sombreado en orientación sur.
Fuente: Autor. Programa: AutoCad.

CAPÍTULO 5. Aplicación de la geometría solar para el diseño de dispositivos

Este mismo procedimiento se aplica para la orientación oeste sobreponiendo la mascarilla de sombreado sobre la proyección estereográfica (figura 77).

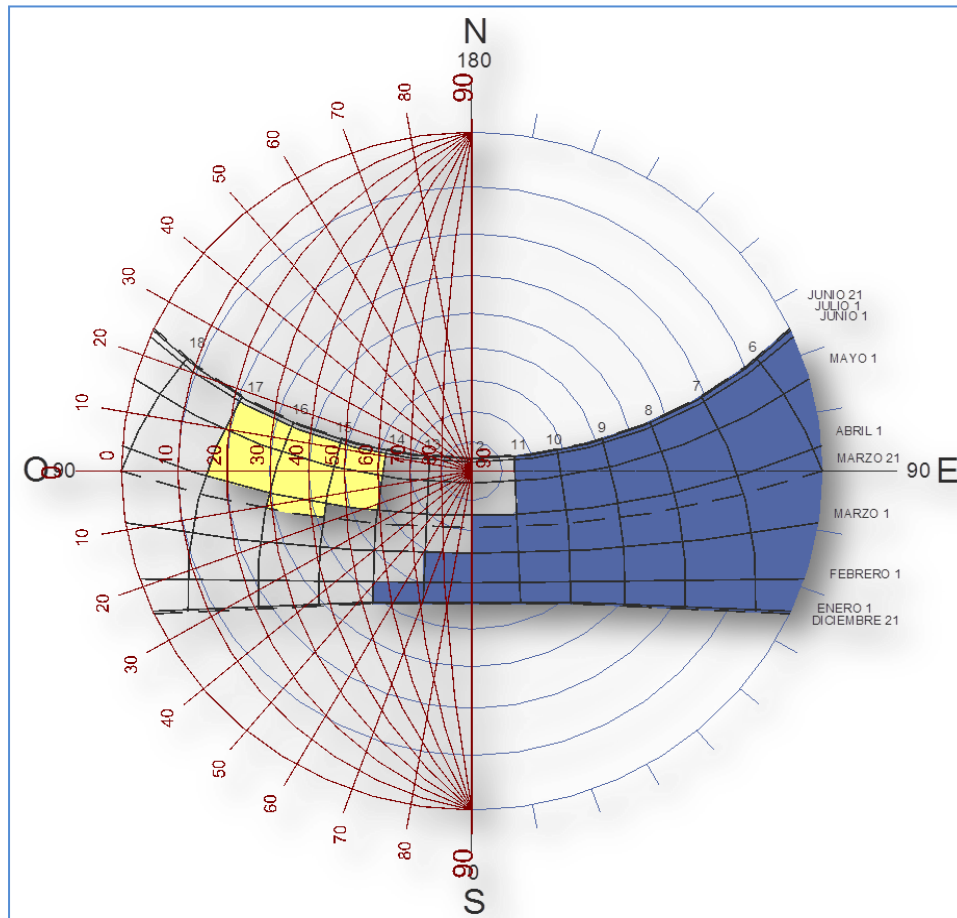


Figura 77. Mascarilla de sombreado sobre orientación oeste.
Fuente: Autor. Programa: AutoCad.

De igual forma se deben ubicar los puntos críticos que necesitan sombreadarse con el dispositivo de control solar (figura 78).

CAPÍTULO 5. Aplicación de la geometría solar para el diseño de dispositivos

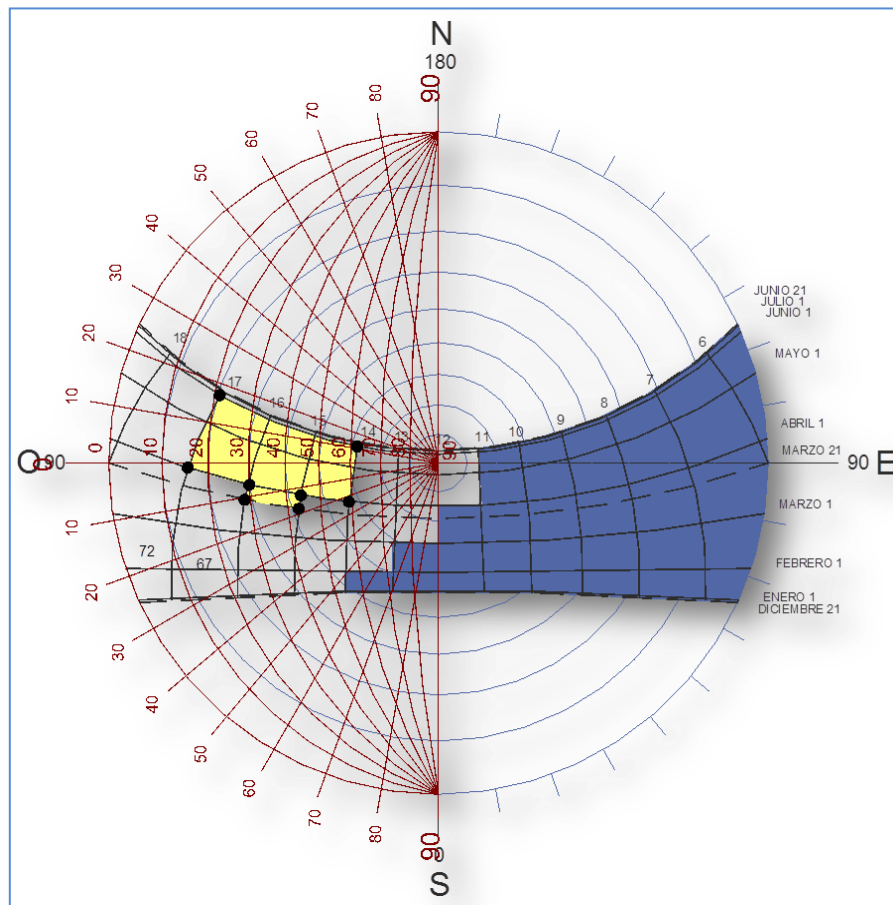


Figura 78. Determinación de ángulo sobre Mascarilla de sombreado orientación oeste. Fuente: Autor. Programa: AutoCad.

Con base en los puntos críticos se determinan los ángulos de incidencia solar que necesitan bloquearse en la orientación oeste. El diseño del dispositivo eficiente también se logrará con un dispositivo de control solar mixto, es decir, vertical y horizontal (partesoles y volado), comúnmente necesario para esta orientación. Los ángulos que deben cubrirse con el dispositivo vertical son de 70.28° de norte a oeste, y de sur a oeste 67° , 72° y 79° (figura 79).

CAPÍTULO 5. *Aplicación de la geometría solar para el diseño de dispositivos*

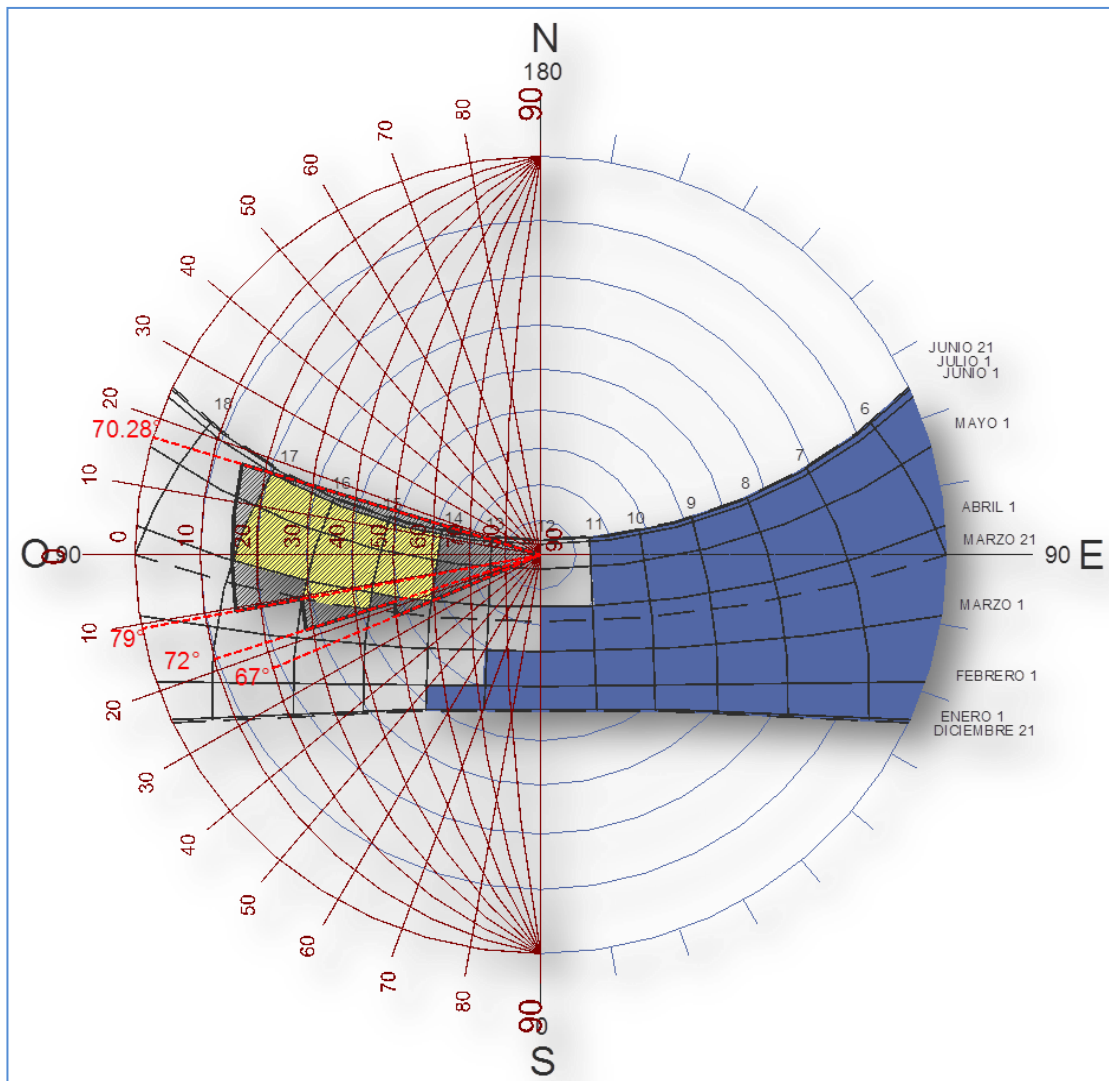


Figura 79. Determinación de ángulos para dispositivo vertical sobre mascarilla de sombreado en orientación oeste. Fuente: Autor. Programa: AutoCad.

CAPÍTULO 5. *Aplicación de la geometría solar para el diseño de dispositivos*

En lo referente al dispositivo de control horizontal para la orientación oeste, los ángulos que se derivan de los puntos críticos que necesitan sombreadarse son: 16°, 29° y 50° (figura 80).

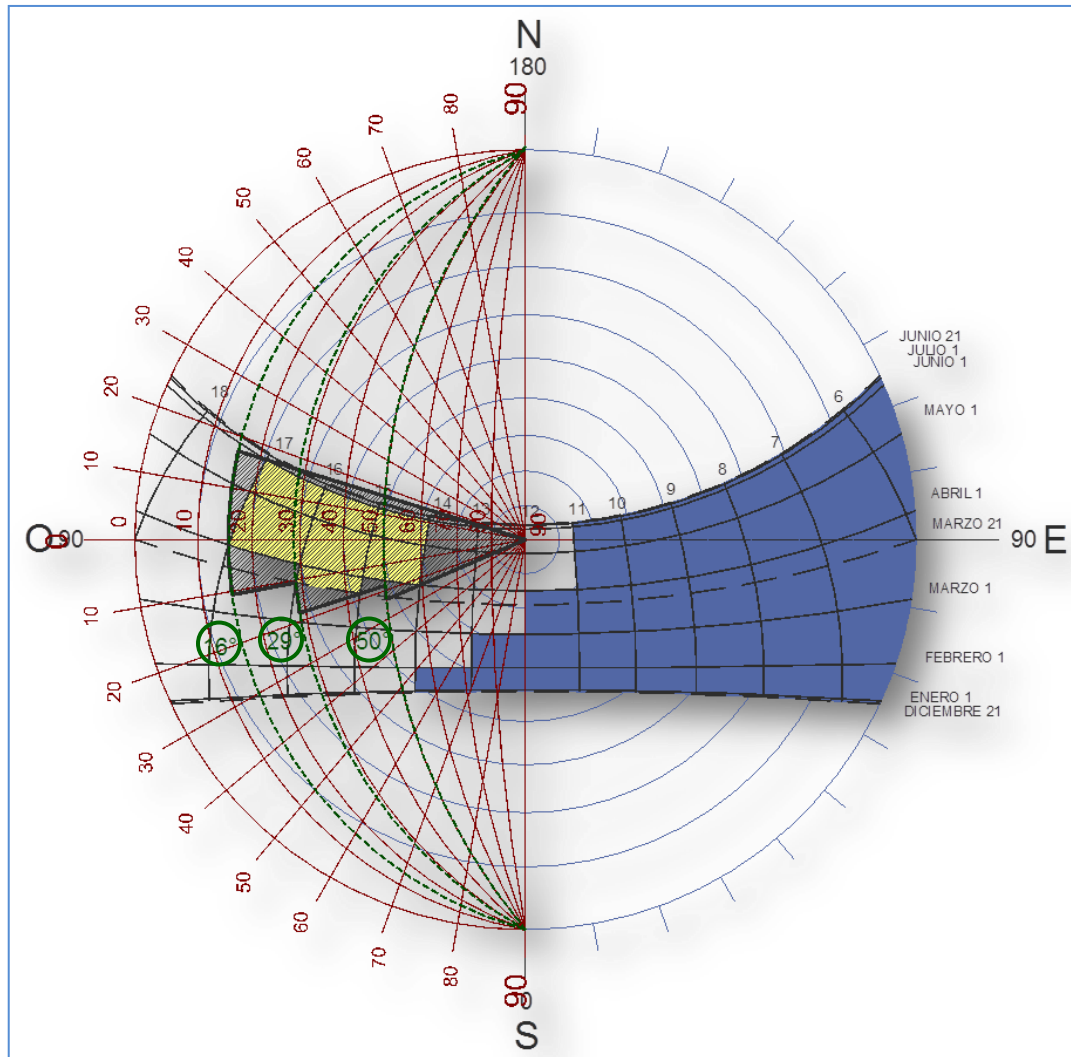


Figura 80. Determinación de ángulos para dispositivo horizontal sobre mascarilla de sombreado en orientación oeste. Fuente: Autor. Programa: AutoCad.

5.3 PROPUESTAS DE DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR SEGÚN ORIENTACIÓN

Con base en los datos obtenidos de las proyecciones estereográficas y la mascarilla de sombras, se determinaron los dispositivos de control solar idóneos para cada orientación, considerando que serían colocados en uno de los módulos de prueba contruidos en el CINVESTAV para poder medir y comprobar su eficiencia, por lo que se tomaron en cuenta las características arquitectónicas y de sitio de dichos módulos de prueba.

5.3.1 DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR PROPUESTOS EN ORIENTACIÓN SUR

Para el caso de la orientación sur, el dispositivo idóneo en relación con los ángulos obtenidos, consiste en un volado con un partesol sobre el límite oeste de la ventana, cuyas dimensiones y características se diseñaron con referencia en los ángulos críticos.

La forma en la que se determinaron las dimensiones de los dispositivos se fundamenta en el hecho de que los ángulos obtenidos para dispositivos de control solar horizontales deben proyectarse en alzado, tomando como referencia una proyección horizontal que parte de la base de la abertura o ventana. Los ángulos obtenidos para dispositivos de control solar verticales se proyectan en planta, con referencia al muro o proyección de ventana sobre la orientación que se analizó (figuras 81 y 82).

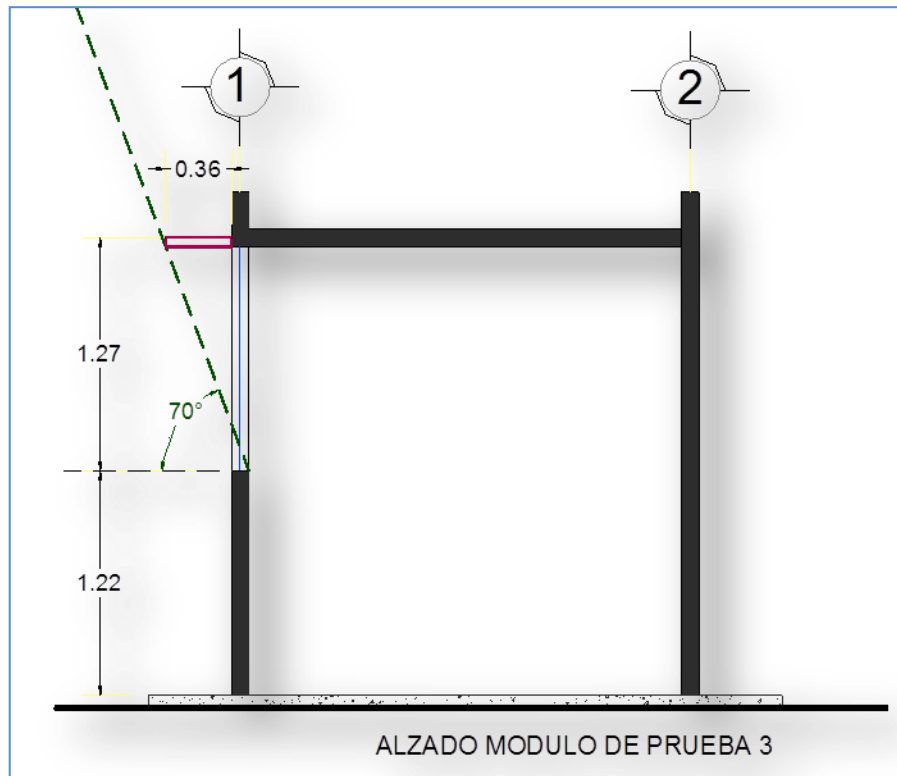


Figura 81. Proyección de ángulos en alzado en orientación sur.
Fuente: Autor. Programa: AutoCad.

En el caso del dispositivo de control solar horizontal consistente en un volado, la medida del ancho que necesita el volado para bloquear el ángulo de incidencia crítico (70°) es de 36 cm (figura 81).

Para el dispositivo de control solar vertical, correspondiente a un partesol, el ancho mínimo para bloquear el ángulo crítico (23°) tendría que ser de 45 cm. (Figura 82).

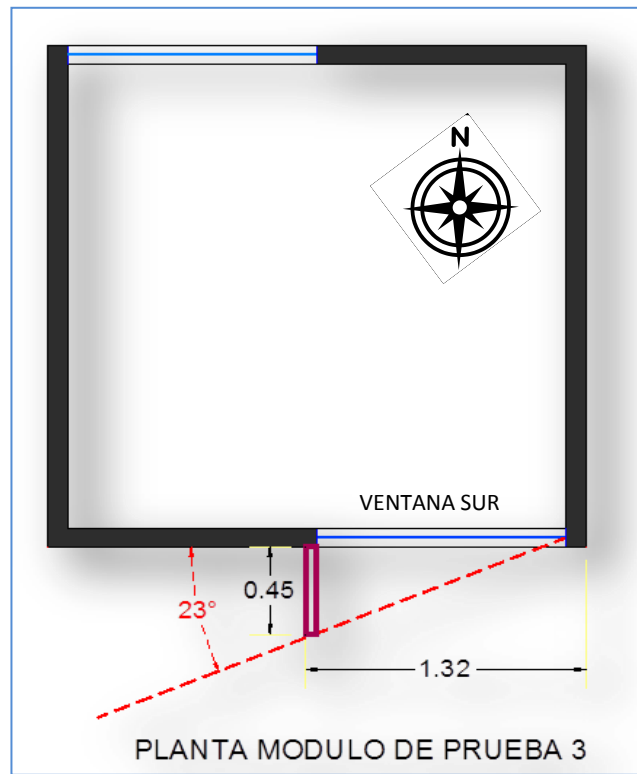


Figura 82. Proyección de ángulos en planta en orientación sur. Fuente: Autor. Programa: AutoCad.

Para lograr un diseño eficiente de los dispositivos se tienen que considerar ambas dimensiones. En este caso, el partesol resultó con un ancho mayor que el volado, por lo que para evitar que luzca estéticamente desfavorable se propone una combinación de ambos que permita que estos se integren estéticamente sin dejar de considerar las características requeridas para su óptimo funcionamiento.

La manera más conveniente de lograr esta integración fue considerar una prolongación en el ancho del volado, solo en la parte oeste, donde se integraría con el partesol, quedando un volado en forma de trapecio (figura 83)

CAPÍTULO 5. Aplicación de la geometría solar para el diseño de dispositivos

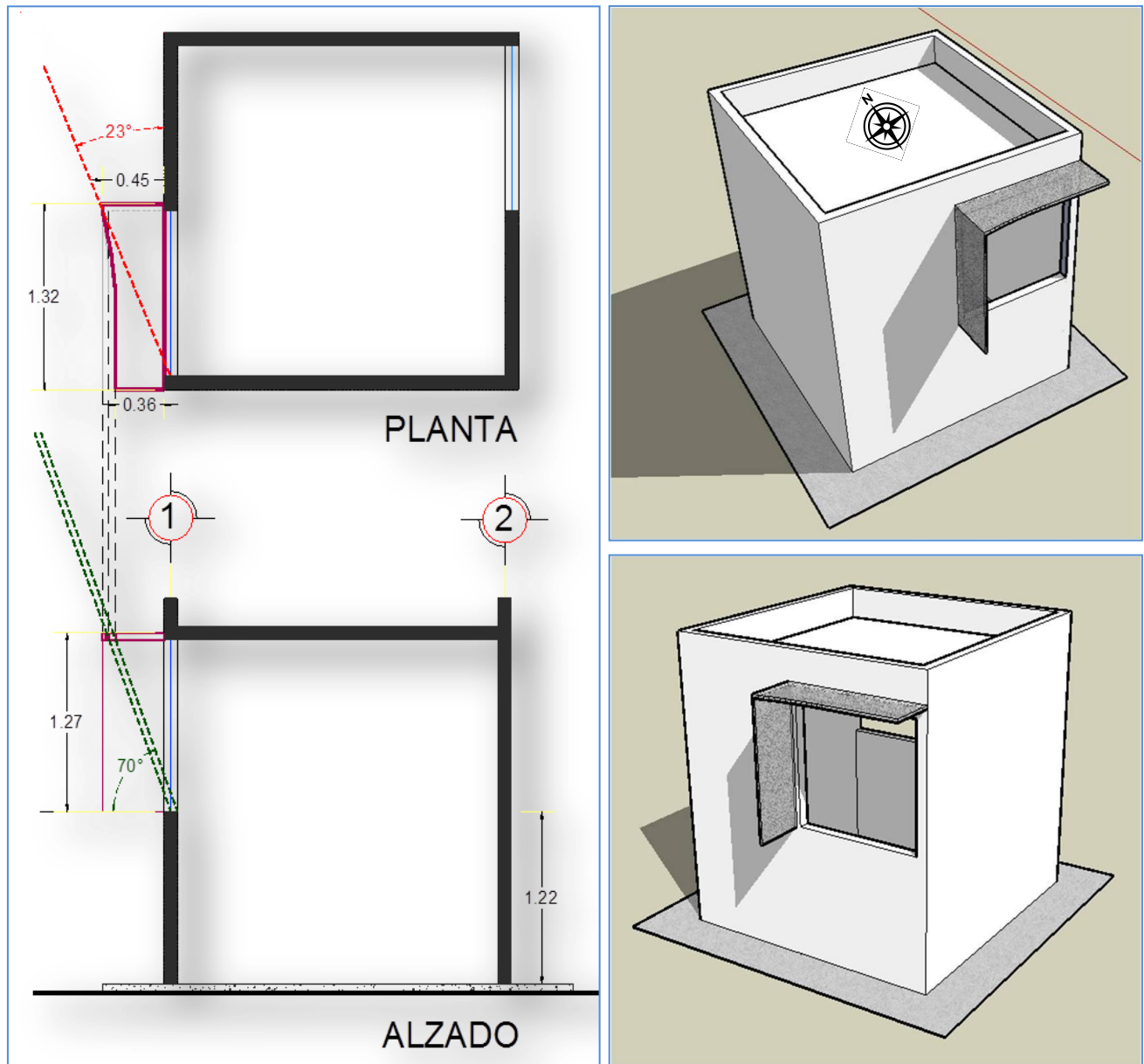


Figura 83. Diseño de dispositivo de control solar orientación sur.
Fuente: Autor. Programa: AutoCad v SketchUp.

5.3.1 DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR PROPUESTOS EN ORIENTACIÓN OESTE

Se determinó que para la orientación oeste, con base en los ángulos que se necesitan bloquear, y siguiendo el mismo procedimiento que se planteó para el diseño del dispositivo sur, el dispositivo óptimo para cumplir este propósito es un dispositivo integrado por elementos verticales, en este caso, partesoles y un volado.

Al igual que en el procedimiento anterior, se proyectaron los ángulos para dispositivos horizontales resultantes de la mascarilla de sombreado en el alzado (figura 84).

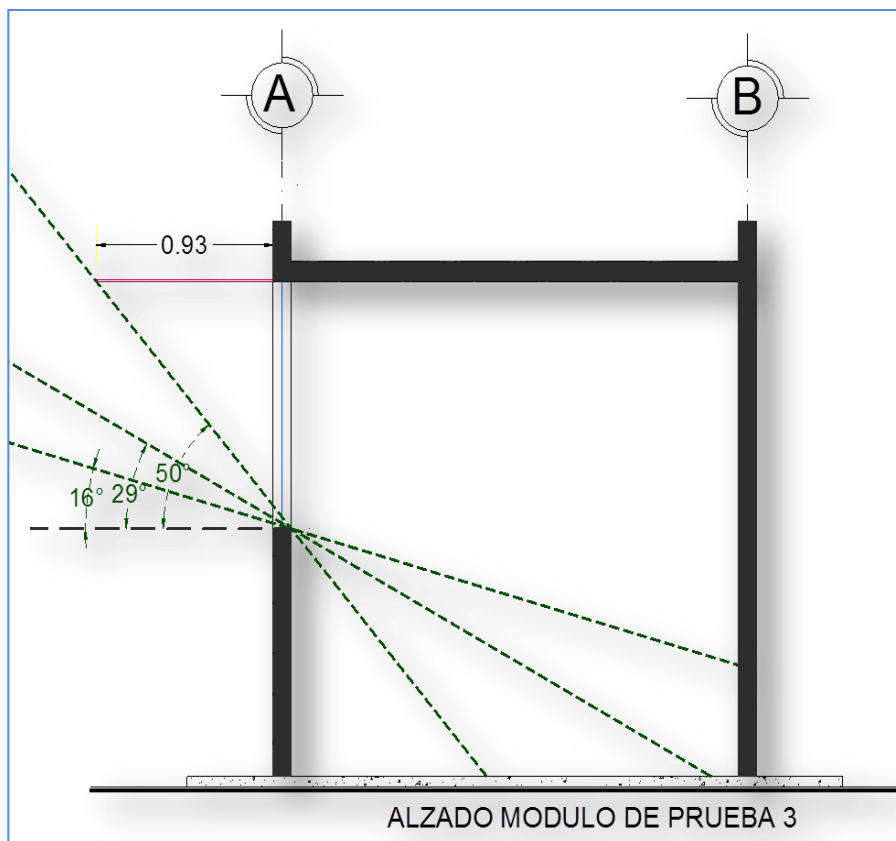


Figura 84. Proyección de ángulos en alzado en orientación oeste.
Fuente: Autor. Programa: AutoCad.

CAPÍTULO 5. *Aplicación de la geometría solar para el diseño de dispositivos*

Cuando los ángulos de incidencia solar son menores a 65° , como en este caso, no es conveniente proponer un volado tan ancho, por criterios constructivos, estéticos y de costo. Además, entre menor es el ángulo de incidencia (más cercano al horizonte), se reduce la posibilidad de que los dispositivos horizontales cumplan con el objetivo de obstrucción. No obstante, se puede considerar como un elemento auxiliar, como se determinó al realizar el análisis de los dispositivos verticales.

En la proyección de ángulos para dispositivos de control verticales se puede establecer la cantidad y, en su caso, la inclinación exacta para que puedan funcionar adecuadamente. Para este caso, en función de los ángulos proyectados en planta (figura 85), se determinó que se requiere de partesoles para poder bloquear todos los ángulos de incidencia, y que estos al mismo tiempo sean en cantidad y dimensiones convenientes.

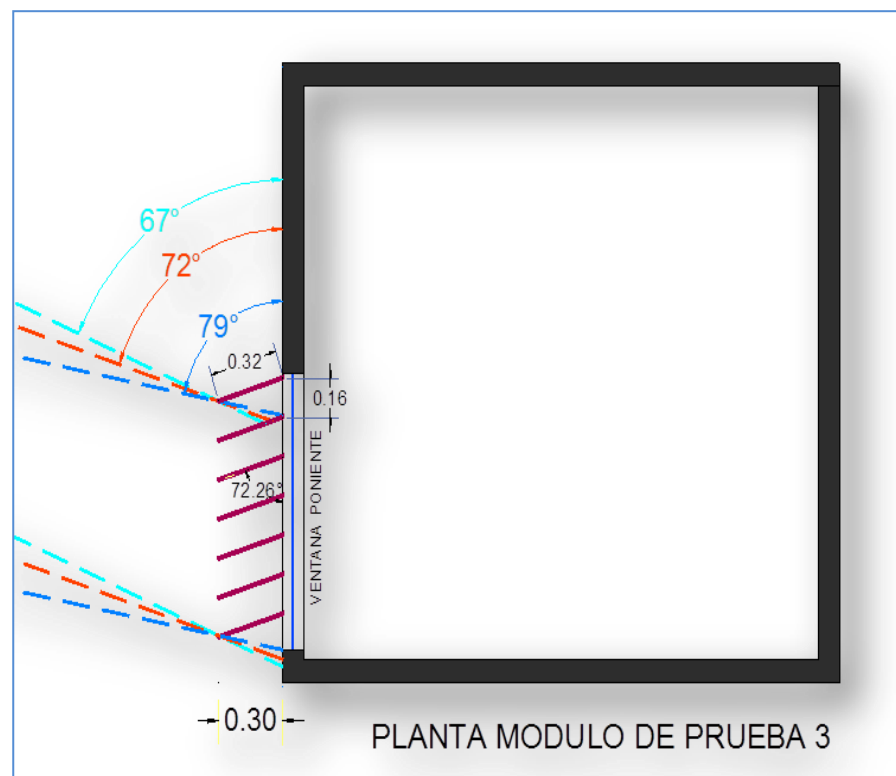


Figura 85. Proyección de ángulos en planta en orientación oeste.
Fuente: Autor. Programa: AutoCad..

Por consiguiente, partiendo de una referencia de un ancho de aproximadamente entre 30 y 35 cm para cada partesol, se hicieron ajustes hasta definir el ángulo preciso de inclinación mediante el cual se puedan obstruir los ángulos de incidencia que se requieren bloquear, que se estableció finalmente en 72.26° con respecto al vano de la ventana. Este ángulo nos permitió asimismo determinar las distancias óptimas para que entre cada uno de los partesoles no exista ninguna filtración. Por lo que para la orientación oeste y con base en el tamaño de la ventana se estableció el siguiente resultado: siete partesoles con una inclinación de 72.26° con respecto al vano de la ventana y con una separación de 16 cm entre cada uno.

Además, se creyó necesario considerar también un volado que se ajuste al ancho de los partesoles, con el fin de evitar cualquier filtración que pudiera presentarse (figura 86). Cabe hacer hincapié en que los ángulos de incidencia que se proyectaron en alzado, también son bloqueados por los partesoles, debido a que como se mencionó, cuando los ángulos de incidencia resultan inferiores a 65° no son posibles de controlar únicamente con dispositivos horizontales por la misma inclinación que tienen.

CAPÍTULO 5. *Aplicación de la geometría solar para el diseño de dispositivos*

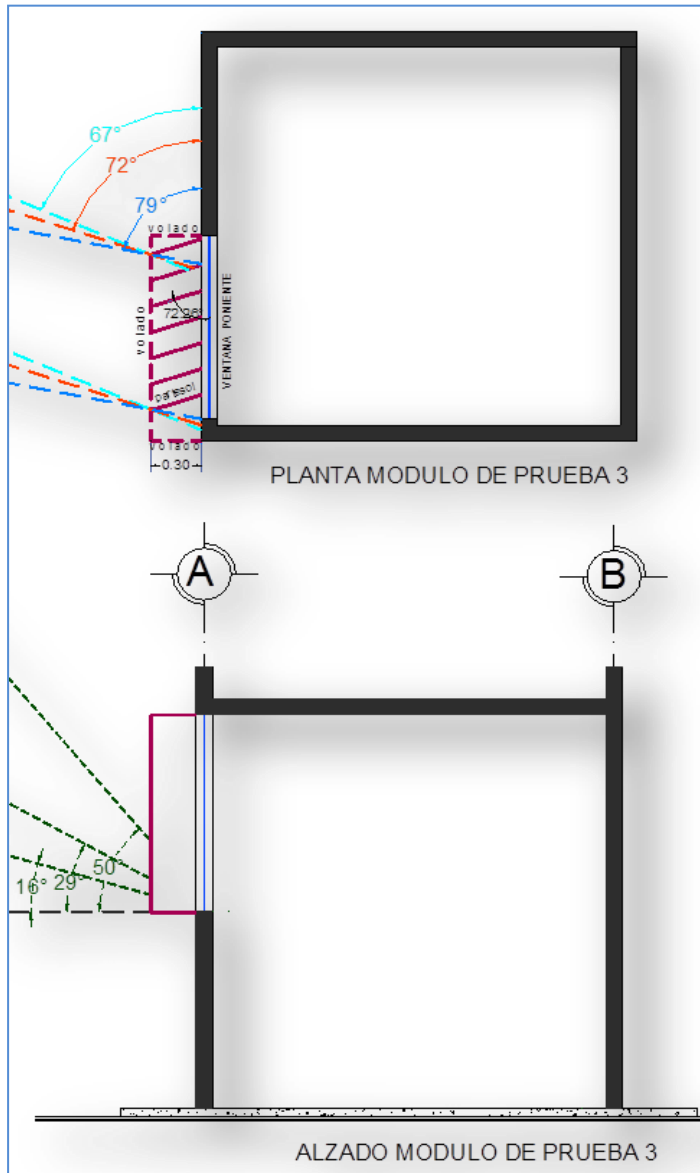


Figura 86. *Diseño de dispositivo de control solar orientación oeste.* Fuente: Autor. Programa: AutoCad y SketchUp.

CAPÍTULO 6
***Alternativas bioclimáticas como solución para lograr
confort térmico, beneficios económicos y
ambientales.***



6.1 DESARROLLO METODOLÓGICO DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES

En toda etapa experimental es necesario tener la certeza de que el área de experimentación se encuentra bajo las condiciones apropiadas, para que las pruebas no se vean alteradas y esto afecte los resultados. Es por ello que, previo a las pruebas de medición de los dispositivos de control solar propuestos para este trabajo, se llevó a cabo un periodo de calibración para verificar que todos los módulos experimentales presentaran las mismas condiciones ambientales, para este caso específico, de temperatura (TBS) y humedad relativa (HR), o en su defecto, que las diferencias que se registren en cada uno de los módulos sean mínimas, de tal modo que no influyan a favor o en contra de las mediciones resultantes de las pruebas de control solar.

Cada módulo fue asignado con un nombre para poder distinguirlos y llevar un control de las pruebas que se realizarían en cada uno de estos (figura 87), de la siguiente manera:

- **MC o módulo de control.** Este módulo se tomó como punto de referencia y comparación para las pruebas experimentales ya que durante cada una de éstas se mantuvo sin modificaciones.
- **MP-1 o módulo de prueba 1.** Módulo de medición de pruebas experimentales 1.
- **MP-2 o módulo de prueba 2.** Módulo de medición de pruebas experimentales 2.
- **MP- 3 o módulo de prueba 3.** Módulo de medición de pruebas experimentales 3.

CAPÍTULO 6. Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales.

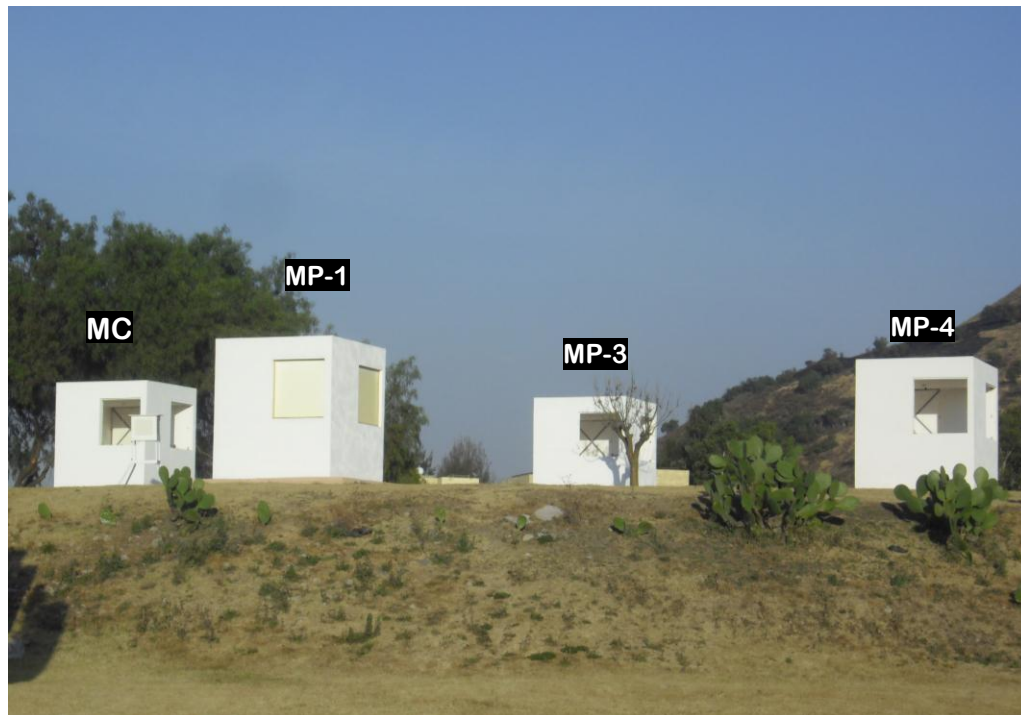


Figura 87. Ubicación de módulos de pruebas. Foto del autor

Los módulos que se utilizaron para colocar y llevar a cabo en ellos las propuestas derivadas de esta investigación fueron: *el módulo de control (MC), el módulo de prueba 2 (MP-2) y el módulo de prueba 3 (MP-3)*, por consiguiente solo se hará referencia y se detallarán las características de estos módulos.

6.1.1 PERIODO DE CALIBRACIÓN

Para llevar a cabo el procedimiento de calibración, se colocó en cada módulo de prueba y en el módulo de control, equipos de medición de TBS y HR, consistentes en data loggers de tipo USB-2 (figura 88) USB-TC (figura 89) y hobos (figura 90), todos los equipos se instalaron bajo las mismas condiciones, es decir, fueron colocados de igual manera en cada uno de los módulos.



Figura 88. Data logger USB-2 para medición de TBS y HR.



Figura 89. Data logger USB-TC para medición de TBS sobre superficies.



Figura 90. Hobo data logger para medición de TBS y HR y TBS en superficies

Fuente: <http://www.lascarelectronics.com/temperaturedatalogger.php?datalogger>

La colocación de los equipos de medición se hizo de la siguiente forma:

Módulo de control. Al centro un data logger USB-2 para medición de TBS y HR y un data logger USB-TC para medir la superficie del plafón (figura 91)

Módulo de prueba 2. Al centro un hobo data logger para medición de TBS, HR y superficie de plafón (figura 92)

CAPÍTULO 6. Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales.

Módulo de prueba 3. Al centro un data logger USB-2 para medición de TBS y HR y un data logger USB-TC para medir la superficie del plafón (figura 93)



Figura 91. Data logger USB-2 al centro y USB-TC en plafón en MC.
Foto del autor.



Figura 92. Hobo data logger al centro y en plafón en MP-2.
Foto del autor.



Figura 93. Data logger USB-2 al centro y USB-TC al plafón en MP-3.
Foto del autor.

CAPÍTULO 6. ***Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales.***

Además de los equipos de medición colocados en cada módulo, se consideró la colocación de una Pantalla de Stevenson (figura 94), la cual tiene la función de medir la temperatura exterior, para establecer un parámetro de comparación más preciso y certero durante el periodo de pruebas.

La Pantalla de Stevenson consiste en una caja de madera pintada de blanco para evitar que se absorba calor. Cada cara de la caja es a base de persianas con la inclinación adecuada (hacia abajo), cuya función es proteger su interior de los rayos del sol y de la lluvia, permitiendo al mismo tiempo la circulación del aire, condiciones bajo las que se puede obtener una medida real del ambiente. La pantalla que se utilizó para estas pruebas se colocó a 1.20 m de altura sobre el nivel del suelo, altura establecida por los servicios meteorológicos para medir adecuadamente la temperatura del aire sin que interfiera el calor emitido por la tierra.



Figura 94. *Pantalla de Stevenson. Foto del autor*

CAPÍTULO 6. *Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales.*

En todos los periodos de medición y evaluación de resultados presentados en este trabajo se entenderá que:

TBS: Se refiere a la temperatura de bulbo seco registrada en °C.

HR: Se refiere a la humedad relativa registrada en %.

LSZC: Se refiere al límite superior de la zona de confort.

LIZC: Se refiere a límite inferior de la zona de confort.

TE: Se refiere a la temperatura exterior (TBS) registrada en la Pantalla de Stevenson.

HRE: Se refiere a la humedad relativa exterior (HR) registrada en la pantalla de Stevenson.

MC: Se refiere al módulo de control.

MP-2: Se refiere al módulo de prueba 2.

MP-3: Se refiere al módulo de prueba 3.

El periodo de calibración se llevó a cabo del 14 al 23 de octubre de 2010, con todos los módulos bajo las mismas condiciones, sin infiltración de sol ni viento. Durante el cual se obtuvieron los siguientes resultados.

PERIODO DE CALIBRACIÓN TBS (°C)

En relación con la TBS, se demostró durante este periodo de medición que los tres módulos presentan las mismas condiciones. Como se observa en la gráfica, el incremento y descenso de la TBS se registra en los mismos intervalos en los tres casos, mientras que la TE registrada se mantiene en intervalos máximos y mínimos extremos, sin embargo, se observa que a pesar de sobrepasar las TBS registradas en los módulos, ésta se mantiene paralelamente a la de los módulos (figura 95).

Durante los primeros días se presentan condiciones por debajo del límite inferior de confort. Sin embargo, por la tarde del 19 de octubre se observa un incremento de temperatura que permite que se alcance el intervalo de confort permaneciendo constantemente en esa última etapa de medición. El día más crítico durante este periodo de medición es el 19 de octubre, ya que a partir de las 14 h se percibió un incremento de temperatura superior a 25° C, alcanzando su punto máximo a las 16 h, con 30° C (figura 96).

En conclusión, se puede afirmar que los tres módulos presentan las mismas características, con una oscilación de temperaturas casi imperceptible.

CAPÍTULO 6. Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales.

Para conocer con mayor exactitud los resultados que se obtuvieron en las pruebas, es importante considerar el intervalo de incertidumbre que se origina debido al margen de error de los equipos de medición, el cual se presenta en las especificaciones técnicas de los mismos y para la TBS es de ± 0.5 °C, por lo tanto al sumar o restar 0.25 a las temperaturas promedio resultantes de la calibración se obtiene el margen de error.

TBS registrada durante la calibración:

	MP3	MC	MP2	DIFERENCIAL
Temp Max	30.50	30.12	30.00	0.50
Temp Prom	18.06	17.97	17.99	0.03
Temp Min	11.50	10.54	11.00	0.32
TOTAL				0.85
Promedio				0.28
Media				0.14
Margen de error del USB				0.50
Margen total				± 0.64

CAPITULO 6. *Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales*

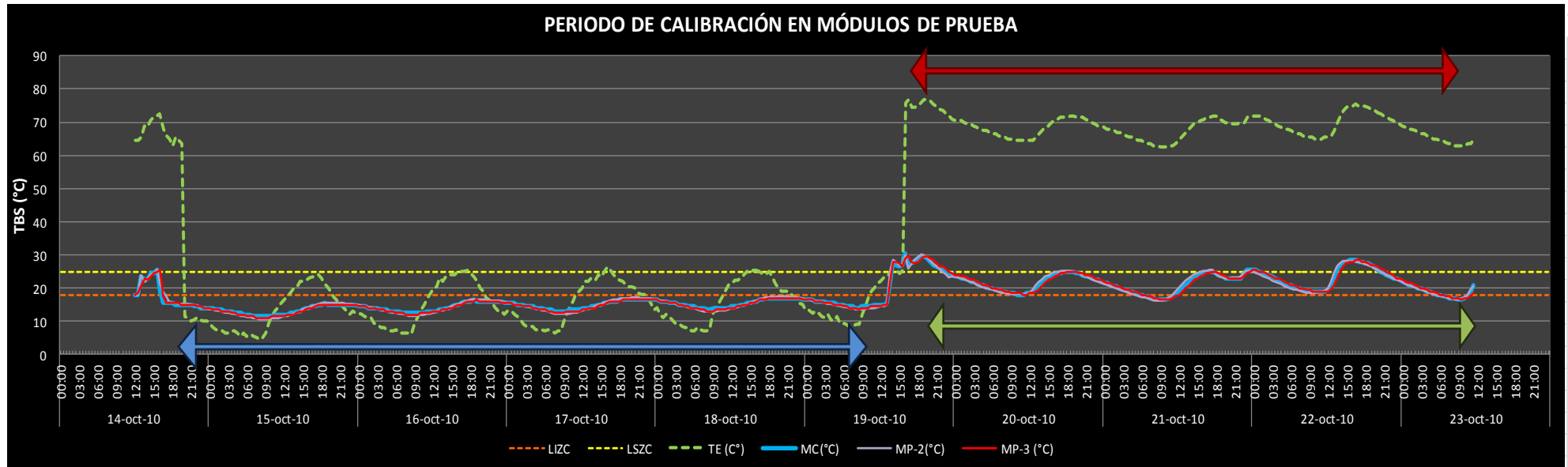


Figura 95. Gráfica de TBS. Periodo de calibración, octubre 2010.

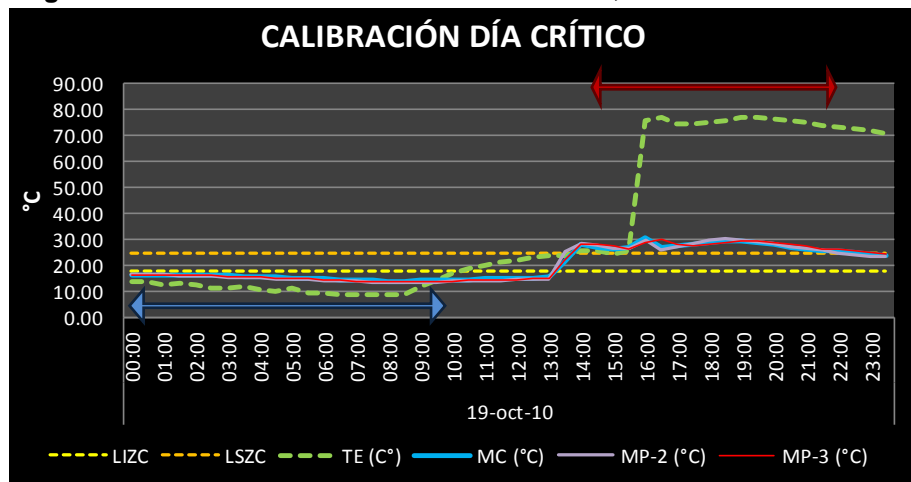


Figura 96. Gráfica de TBS. Periodo de calibración día crítico, octubre 2010.

Temp Max
Temp Prom
Temp Min

	MC	MP-2	MP-3
Temp Max	15.50	30.12	30.00
Temp Prom	13.22	20.18	20.41
Temp Min	11.50	13.57	13.50

Temp Max
Temp Prom
Temp Min

	TE	MP3	MC	MP2
Temp Max	77.00	30.50	30.12	30.00
Temp Prom	39.80	18.06	17.97	17.99
Temp Min	4.50	11.50	10.54	11.00



POR ARRIBA DEL
LIMITE SUPERIOR
DE CONFORT



DENTRO DE LOS
LIMITES DE
CONFORT



POR DEBAJO DEL
LIMITE INFERIOR DE
CONFORT

CAPITULO 6. ***Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales***



PERIODO DE CALIBRACIÓN HR

En lo referente a la HR, durante el periodo de calibración se observa que en el transcurso de los primeros días, el MP3 presenta mayor HR respecto de los otros módulos, sin embargo, se mantiene paralelo a ellos, y retoman las mismas condiciones para la segunda parte del periodo de calibración, cuando se mantiene constante (figura 97).

La HR que se presenta en los primeros días se mantiene dentro de la zona de confort, ligeramente hacia el límite superior de ésta, mientras que en los últimos días se mantiene ligeramente por debajo del límite inferior de confort. Esto resulta lógico en relación con las mediciones de TBS, que son inversamente proporcionales, es decir, a mayor TBS menor HR y viceversa.

El día crítico, como es lógico, es, al igual que para la TBS, el 19 de octubre, cuando hay un súbito aumento de temperatura, que se refleja en la drástica disminución de HR (figura 98).

No obstante, la HR promedio se mantiene dentro del intervalo de confort, y la oscilación que se presenta entre los módulos es mínima, al igual que la de la TBS.

Con los datos obtenidos durante la medición de TBS y HR se pudo comprobar que las condiciones que se registraron en los tres módulos presentan condiciones relativamente similares, con lo que se confirma que son aptos para realizar las pruebas experimentales.

CAPÍTULO 6. **Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales.**

En el caso de la HR, el margen de error que presentan los equipos de medición es de $\pm 3\%$, por lo que al aplicarlo a los resultados de la calibración, tal como se hizo para la TBS, el margen total resulta:

	MP3	MC	MP2	DIFERENCIAL
HR Máx	85.50	70.00	70.61	15.50
HR Prom	60.62	51.34	51.28	9.34
HT Mín	31.00	27.00	27.46	4.00
TOTAL				28.84
Promedio				9.61
Media				4.80
margen de error del usb				3.00
Margen total				± 7.80

CAPITULO 6. Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales

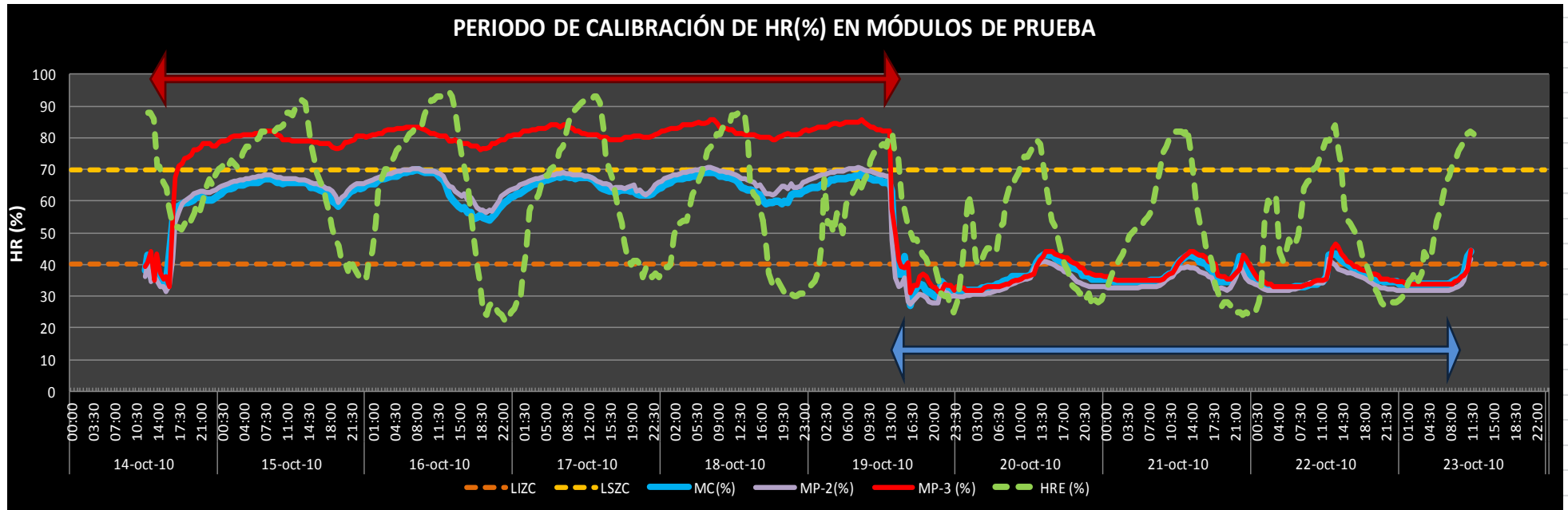


Figura 97. Gráfica de HR. Periodo de calibración, octubre 2010.

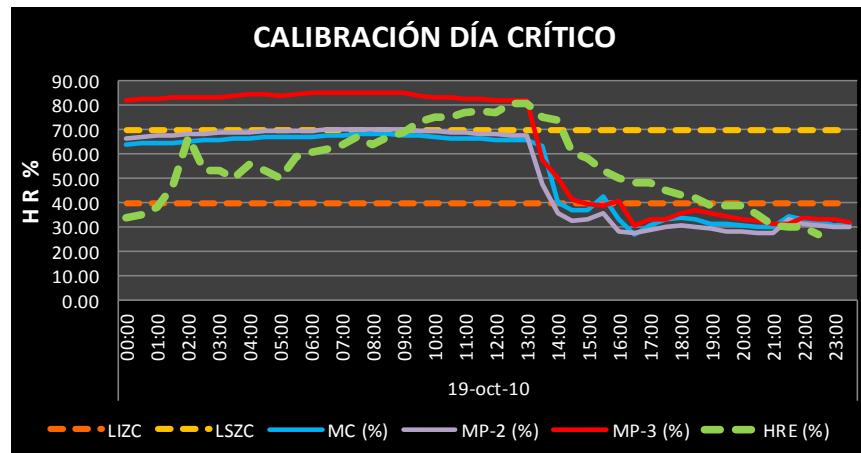
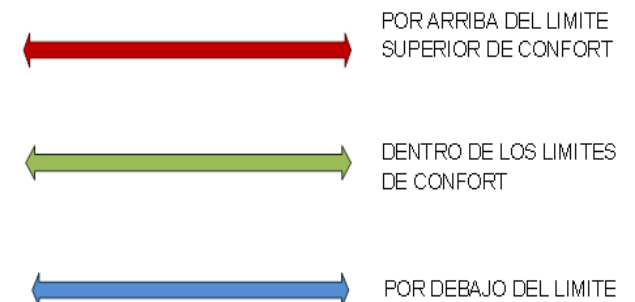


Figura 98. Gráfica de HR. Periodo de calibración día crítico, octubre 2010.

	MC	MP2	MP3
HR Max	68.50	70.46	85.50
HR Prom	52.52	52.47	63.16
HR Min	27.00	27.46	31.00

HR Max
HR Prom
HR Min

	MC	MP2	MP3
HR Max	70.00	70.61	85.50
HR Prom	51.34	51.28	60.62
HR Min	27.00	27.46	31.00



CAPITULO 6. ***Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales***



6.1.2 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO Y LA APLICACIÓN DE PROPUESTAS DE CONTROL SOLAR

En relación con los requerimientos de control solar derivados del análisis climático de la Ciudad de México, en que se determinaron además los días críticos de sobrecalentamiento y los periodos de bajo calentamiento, se plantearon las propuestas que serán evaluadas a escala real. Se consideró importante que, además de las propuestas de dispositivos de control solar, se evaluarán también las ganancias solares directas que se obtienen de las orientaciones sur y oeste, para con ello verificar los intervalos y las orientaciones óptimas que pueden ser aprovechables para los periodos de bajo calentamiento.

El procedimiento metodológico para el desarrollo de las propuestas de ganancia solar y de control solar se llevó a cabo de la siguiente manera:

PRUEBA 1: GANANCIA SOLAR

Arreglo experimental:

- **MC:** Todas las orientaciones cerradas para evitar cualquier ganancia solar.
- **MP-2:** Ventana en orientación sur y oeste abiertas de 9:30 a 16:30 h.
- **MP-3:** Ventana en orientación sur y este abiertas en el mismo horario.

PRUEBA 2: DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR EN ORIENTACIÓN SUR

Arreglo experimental:

- **MC:** Sin ningún sistema ni dispositivo aplicado, ventana sur abierta.
- **MP-3:** Con dispositivo de control solar óptimo en ventana sur.

PRUEBA 3: DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR EN ORIENTACIÓN OESTE

Arreglo experimental:

- **MC:** Sin ningún sistema ni dispositivo aplicado, ventana oeste abierta.
- **MP-3:** Con dispositivo de control solar óptimo en ventana oeste.

6.2 PRUEBAS EXPERIMENTALES, MEDICIONES Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.2.1 GANANCIA SOLAR POR ORIENTACIÓN SUR, ESTE Y OESTE



Figura 99. MC Todas las orientaciones cerradas



Figura 100. MP-2 Ventanas sur y oeste abiertas



Figura 101. MP-3 Ventanas sur y este abiertas

El periodo en que se realizó la prueba fue del 11 al 14 de enero de 2011, lapso de cuatro días en el que permanecían destapadas durante el día (9:30 a 16:30 h) las ventanas de las orientaciones sur y oeste en el MP-2 y sur y este en el MP-3, mientras que el MC permaneció con todas las ventanas cerradas (figuras 99, 100 y 101). Durante este periodo de medición se registraron los siguientes resultados:

TEMPERATURA (TBS °C)

Las temperaturas registradas en el MC se mantuvieron por debajo del límite inferior de la zona de confort (LIZC) durante todo el periodo de medición, con una temperatura promedio de 12.95° C (figura 102).

CAPÍTULO 6. Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales.

En el MP-2 se registraron temperaturas por debajo del LIZC durante la noche y las primeras horas de la mañana, y temperaturas por arriba de límite superior de la zona de confort (LSZC), a partir de las 11 h, hasta las primeras horas de la tarde, con solo algunos breves periodos dentro de la zona de confort durante las horas de la mañana. La TBS promedio que se registro fue de 17.65° C.

El MP-3 registro temperaturas muy similares al MP-2, sin embargo, mantuvo periodos más prolongados dentro de la zona de confort, de las 11 a las 17 h, con un TBS promedio de 17.63°C, igual a la registrada en el MC-2.

Tanto en el MP-2 como el MP-3 se registraron TBS por arriba de las registradas en el MC y la TE, con oscilaciones de hasta casi 6° C.

Las TBS máximas se registraron en el MP-2 durante las 17 h, alcanzando 33° C, mientras que las TBS mínimas registradas fueron en el MC durante las primeras horas de la mañana, con 10°C la mínima registrada. No obstante, los tres módulos se mantuvieron por arriba de las registradas en el exterior durante todo el periodo de medición.

El día crítico del periodo fue el 11 de enero, ya que fue el día en el que la mayor parte del tiempo las TBS se registraron fuera de los límites de confort (figura 103).

CAPITULO 6. *Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales*

PERIODO DE PRUEBA 1. GANANCIA SOLAR TBS (°C)

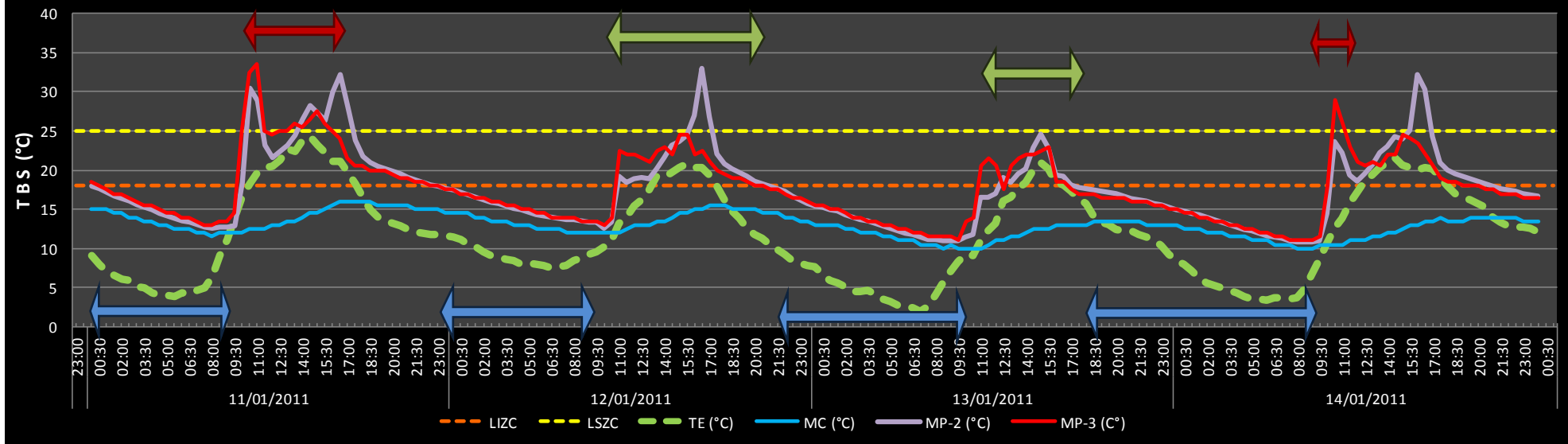


Figura 102. Gráfica de periodo de ganancia solar TBS (°C)

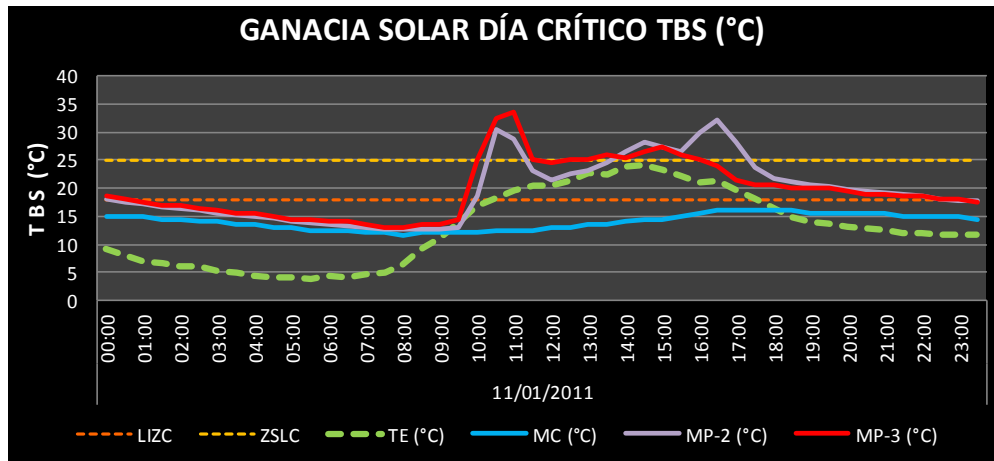
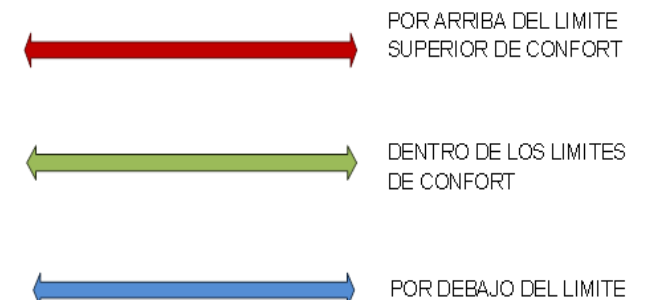


Figura 103. Gráfica de periodo de prueba de ganancia solar TBS día crítico.

	TE	MC	MP-2	MP-3
Temp Max	24.27	16.00	32.18	33.50
Temp Prom	12.89	14.01	19.59	19.66
Temp Min	3.85	11.50	12.61	13.00

	TE	MC	MP-2	MP-3
Temp Max	24.27	16.00	32.95	33.50
Temp Prom	11.85	12.95	17.65	17.63
Temp Min	1.94	10.00	10.86	11.00



CAPITULO 6. ***Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales***



HUMEDAD RELATIVA (HR %)

La HR registrada en el MC, a diferencia de la TBS, se mantuvo dentro de los límites de confort. Fue de 55.7% la HR promedio registrada en este módulo (figura 104).

En el MP-2 se registró una HR por debajo del LIZC durante casi todo el periodo de medición, siendo 12.40% el intervalo mínimo registrado el día 11 de enero.

El MP-3 también se mantuvo durante casi la mayor parte del tiempo dentro de los límites de la zona de confort, sin embargo, sí se registraron periodos por debajo del LIZC, de 11 a 17 h, a diferencia de los datos registrados en el MC. La HR promedio registrada fue de 43.4%.

En lo que se refiere a la HRE, los datos registrados se mantuvieron dentro de los límites de confort la mayor parte del tiempo, no obstante, presentó periodos por arriba del LSZC durante las primeras horas de la madrugada, a diferencia de lo registrado en los módulos. Se consideró el día 14 de enero como el más crítico, debido a que se registró HR por debajo del LIZC en MP-2 y MP-3, mientras que la HRE presentó HR por arriba del LSZC (figura 105).

CAPÍTULO 6. ***Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales.***

CAPITULO 6. *Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales*

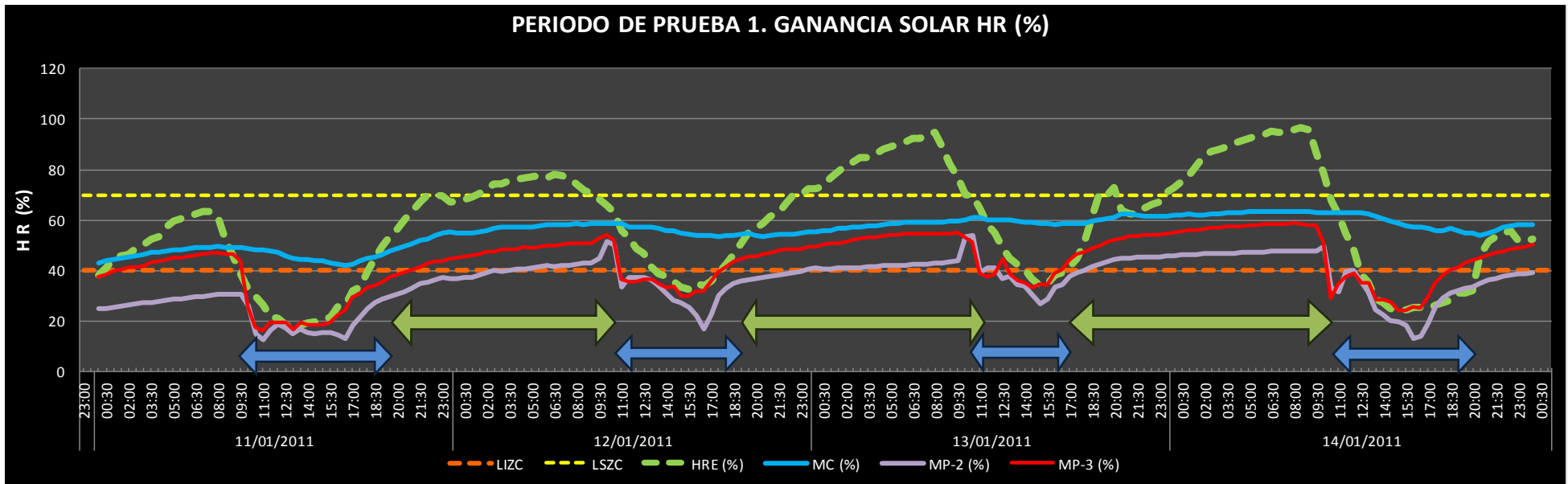
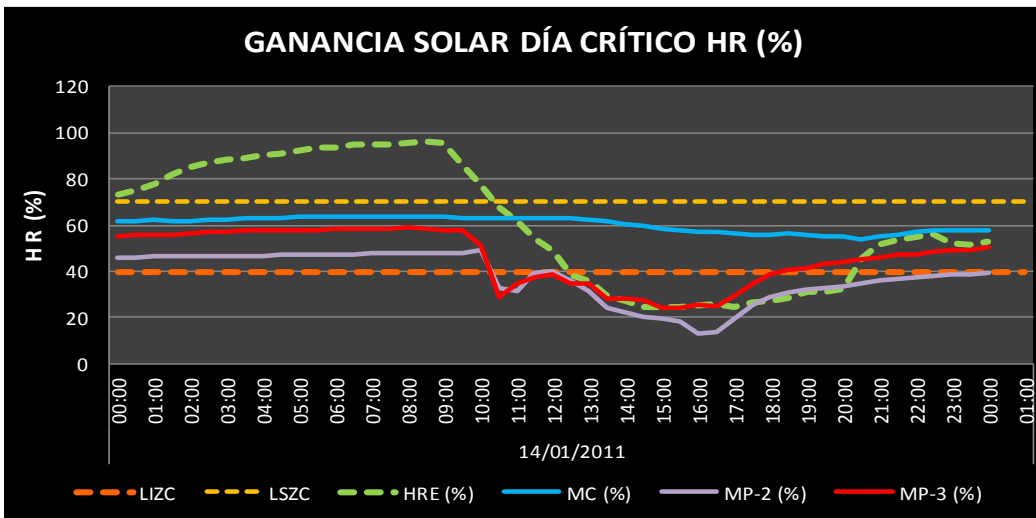


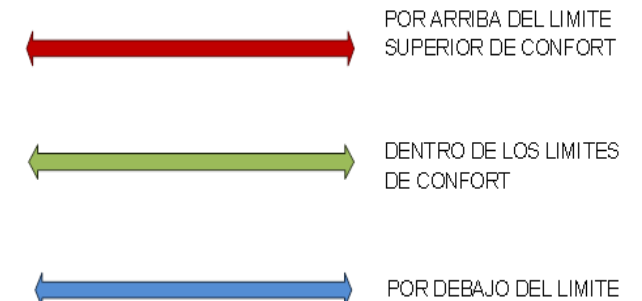
Figura 104. Gráfica de periodo de prueba de ganancia solar HR (%).



	HRE	MC	MP-2	MP-3
HR Max	96.43	63.50	53.66	59.00
HR Prom	58.20	55.72	35.25	43.44
HR Min	16.98	42.00	12.40	16.00

Figura 105. Gráfica de periodo de prueba de ganancia solar HR día

	HRE	MC	MP-2	MP-3
HR Max	96.43	63.50	49.54	59.00
HR Prom	60.43	60.32	37.52	45.89
HR Min	24.42	54.00	12.97	24.00



CAPITULO 6. ***Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales***



6.2.2 DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR EN ORIENTACIÓN SUR



El diseño de los dispositivos de control solar que resultó del análisis y aplicación de la geometría solar, se llevó a cabo sobre una estructura diseñada especialmente para no perforar ni dañar los muros de los módulos. Esto debido a que se llevarían a cabo más pruebas en ellos, por lo que sería necesario retirar los dispositivos una vez hechas las mediciones necesarias para este trabajo (figuras 106, 107 y 108).

El dispositivo de control solar para la orientación sur se diseñó a base una placa de policarbonato sólido blanco para el dispositivo horizontal (volado), mientras que el partesol se diseñó con tela impermeable para exterior (Taslan) los cuales se fijaron a la estructura de herrería diseñada para desmontarlos con facilidad. Dichos materiales fueron seleccionados considerando su costo y disponibilidad.

El periodo de medición del dispositivo sur fue del 11 al 16 de marzo de 2011, lo que se considero adecuado por ser uno de los meses en los que se presentan condiciones de

sobrecalentamiento. Durante este periodo de prueba se obtuvieron los siguientes resultados:

TEMPERATURA (TBS °C)

La TBS registrada en el MC se mantuvo por debajo del LIZC durante las primeras horas de la madrugada. A partir de las 7 h comenzó a ascender y alcanzó su punto máximo registrado en las horas cercanas al medio día. La TBS promedio registrada en MC fue de 18.29° C y la oscilación máxima registrada fue de hasta 18° C (figura 109).

El MP-3 presentó condiciones similares al MC, ya que la TBS que se registró se mantuvo paralelamente cercana a la de este último. No obstante, en las horas en las que se alcanzó la máxima temperatura, el MP-3 se registró ligeramente por debajo de las registradas en MC. La TBS promedio registrada en MP-3 es de 17.81° C.

Ambos módulos se matuvieron ligeramente por arriba de los datos registrados de TE.

El día en el que se registró el intervalo máximo de TBS fue el 13 de enero, con 27.5° C la temperatura más alta registrada a las 14:30 h.

En el día crítico, la TBS registrada en MC y MP-3 se mantuvo dentro de los límites de confort durante más tiempo respecto del TE, ligeramente por arriba del LSZC durante las horas de la tarde en MC (figura 110).

CAPITULO 6. *Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales*

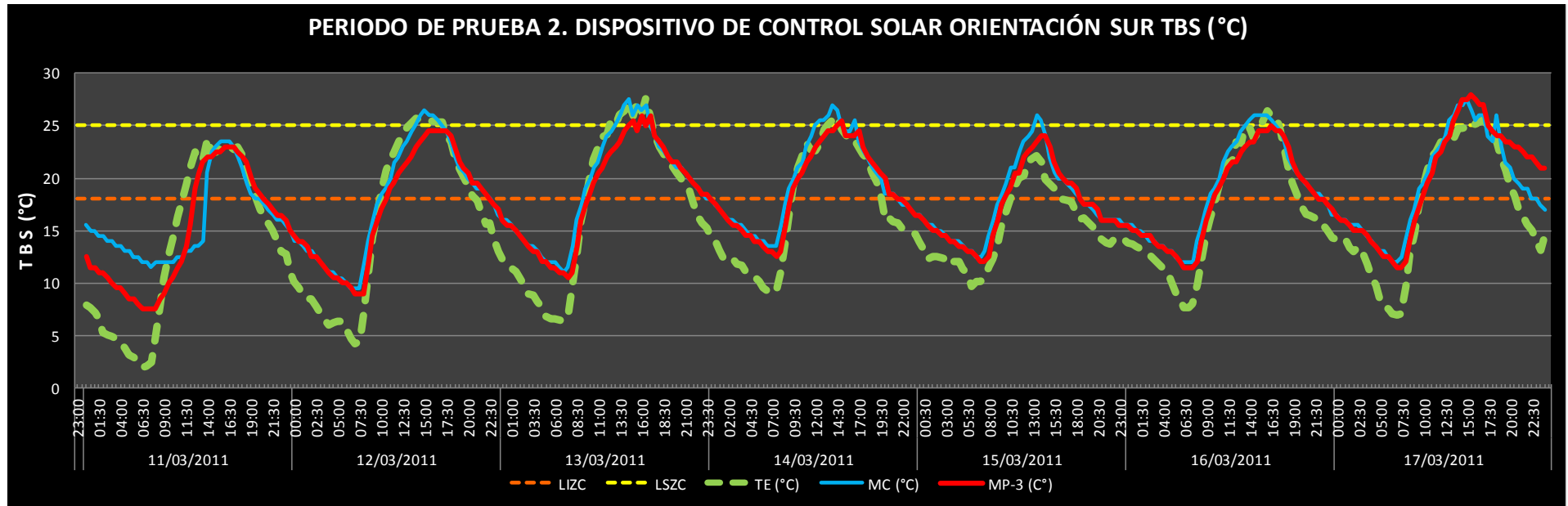


Figura 109. Gráfica de periodo de dispositivo de control solar orientación sur TBS (°C%).

	TE	MC	MP-3
Temp Max	27.55	27.50	28.00
Temp Prom	16.14	18.29	17.81
Temp Min	1.94	9.50	7.50

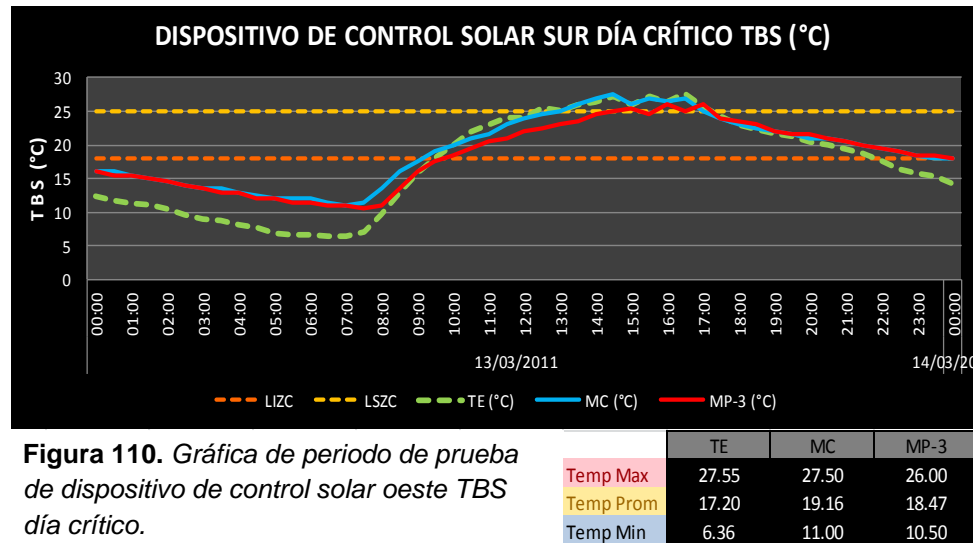


Figura 110. Gráfica de periodo de prueba de dispositivo de control solar oeste TBS día crítico.

	TE	MC	MP-3
Temp Max	27.55	27.50	26.00
Temp Prom	17.20	19.16	18.47
Temp Min	6.36	11.00	10.50

CAPITULO 6. ***Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales***



HUMEDAD RELATIVA (HR %)

La HR se mantuvo por debajo del LIZC la mayor parte del periodo de medición, sin embargo, durante las primeras horas de la mañana alcanzó a mantenerse dentro de los límites de confort (figura 111).

El MC y el MP-3 registraron HR muy similar, que se mantuvo así durante todo el periodo de medición, con la del MC ligeramente por debajo de la registrada en el MP-3.

La HR promedio registrada en el MC fue de 33.81% mientras que en el MP-3 fue de 34.89%.

La HRE se mantuvo por arriba de la HR registrada en el MC y MP-3, llegando a sobrepasar el LSZC.

El día más crítico fue el 14 de marzo, en el que la HR registrada en ambos módulos se matuvo por debajo del LIZC, con 15% la HR mínima registrada en el MC, mientras que en el MP-3 fue de 17%.

CAPÍTULO 6. *Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales.*

CAPITULO 6. *Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales*

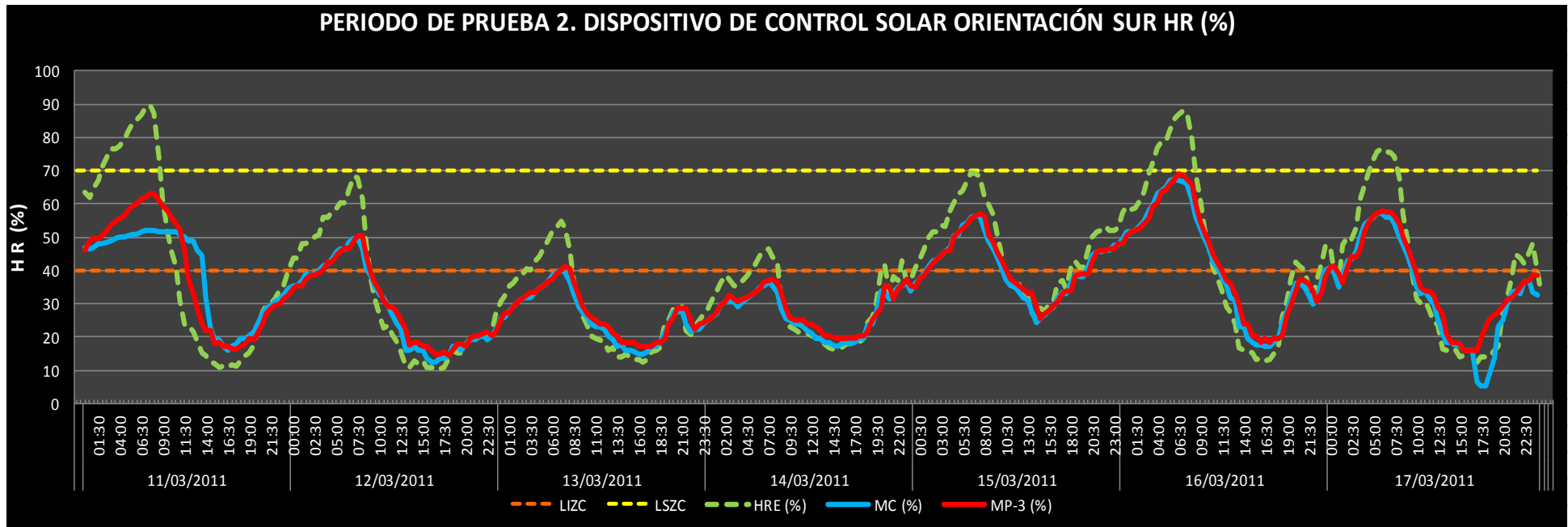


Figura 111. Gráfica de periodo de dispositivo de control solar orientación sur HR (%).

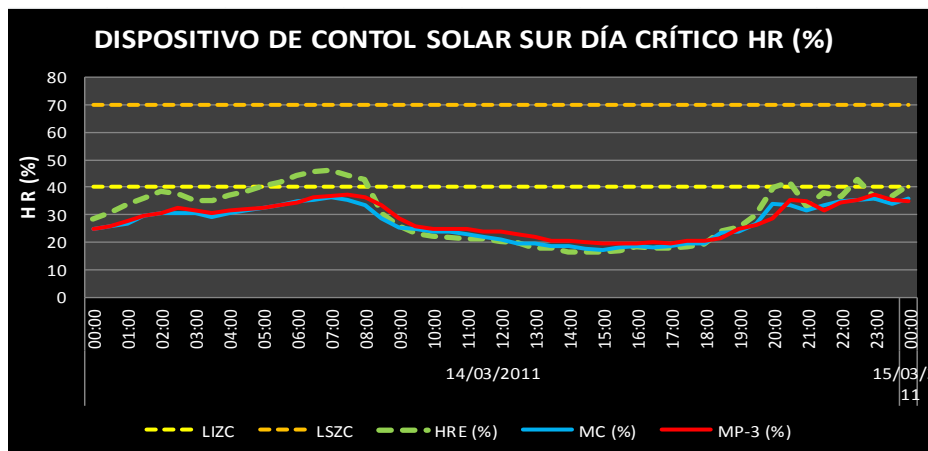


Figura 112. Gráfica de periodo de prueba de dispositivo de control solar sur HR día crítico.

	HRE	MC	MP-3
HR Máx	89.69	67.50	69.00
HR Prom	38.26	33.81	34.89
HR Mín	9.91	5.50	14.50

	HRE	MC	MP-3
HR Max	54.73	40.00	41.50
HR Prom	28.56	25.81	26.92
HR Min	12.63	15.00	17.00

CAPITULO 6. ***Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales***



6.2.3 DISPOSITIVO DE CONTROL SOLAR EN ORIENTACIÓN OESTE



Figura 113. MC ventana oeste abierta sin dispositivo de control solar.



Figura 114. MP-3 Dispositivo de control solar óptimo en orientación oeste.



Figura 115. MP-3 Dispositivo de control solar óptimo en orientación oeste. (vista interior)

El dispositivo de control solar oeste óptimo se diseñó con tela impermeable para exterior color beige (taslan) la cual se consideró la más apropiada por sus características impemeables, reflejantes, de costo y disponibilidad, la cual se tensó en dos estructuras de herrería que funcionaron para fijar los partesoles, mismos que se montaron sobre la estructura desmontable considerando el ángulo establecido para cada partesol.

El periodo de prueba fue del 18 al 24 de marzo (figuras 113, 114 y 115). Durante este periodo de prueba se obtuvieron los siguientes resultados:

TEMPERATURA (TBS °C)

El MC registró temperaturas máximas muy elevadas durante las horas críticas de la tarde (ente las 14 y 16 h), con hasta 51° C de temperatura máxima alcanzada, lo que sobrepasó las TBS registradas en el MP-3 y TE (figura 116).

CAPÍTULO 6. Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales.

La TBS registrada en el MP-3 presentó muy poca oscilación, y se mantuvo dentro de los límites de confort en algunos periodos, mientras que en otros ligeramente por debajo del LIZC.

La TBS promedio que se registró en el MP-3 fue de 18.70°C mientras que la máxima alcanzada fue de tan solo 28°C , casi menos de la mitad de la registrada en el MC.

La TE se registró por debajo del LIZC la mayor parte del tiempo, al alcanzar 4.9°C como temperatura mínima.

El día mas crítico se presentó el 24 de marzo, cuando la TBS del MP-3 se registró ligeramente por arriba del LSZC en las horas críticas (13-16 h), mientras que la TE se registró por debajo del LIZC desde las primeras horas de la mañana hasta las 13 h (figura 117).

CAPITULO 6. *Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales*

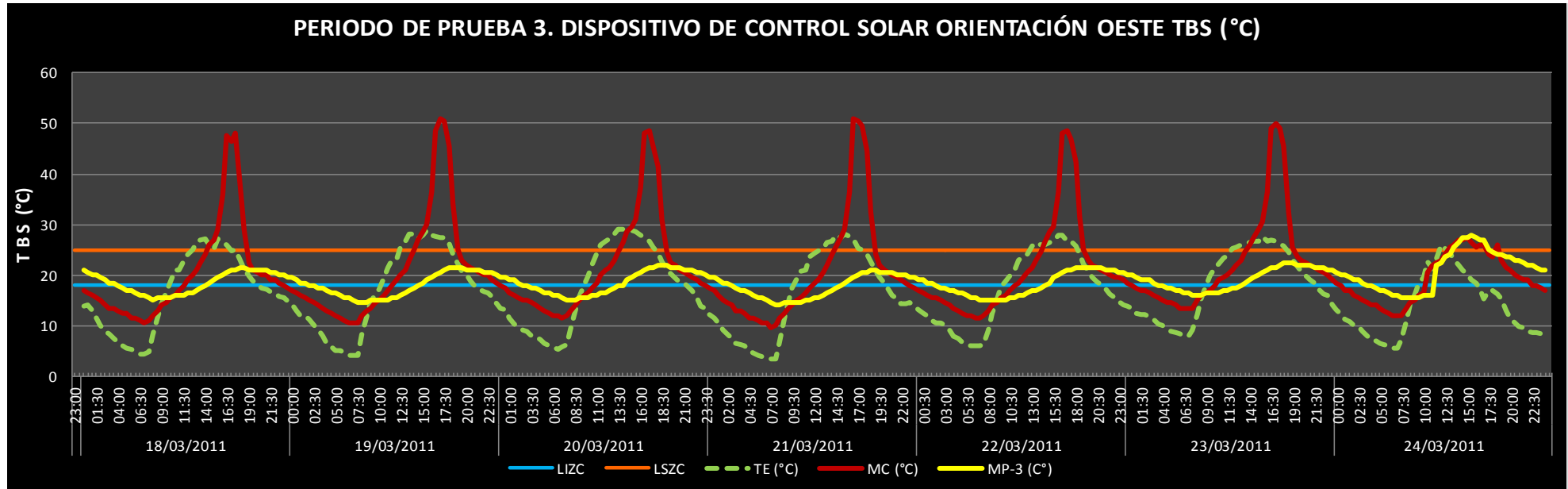


Figura 116. Gráfica de periodo de dispositivo de control solar orientación oeste TBS (°C).

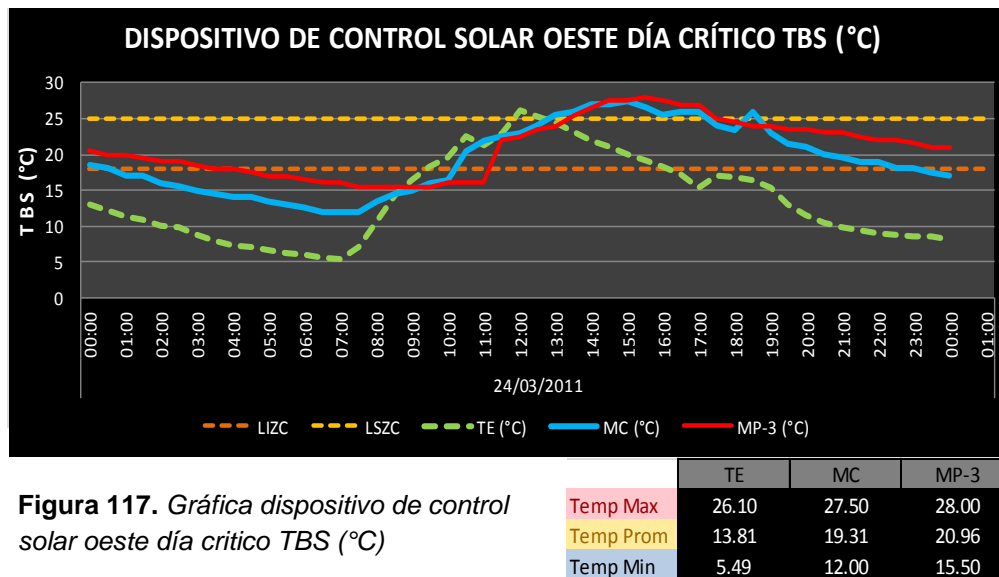


Figura 117. Gráfica dispositivo de control solar oeste día crítico TBS (°C)

	TE	MC	MP-3
Temp Max	29.17	51.00	28.00
Temp Prom	16.59	20.74	18.70
Temp Min	3.35	9.50	14.00

CAPITULO 6. ***Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales***



HUMEDAD RELATIVA (HR %)

La HR registrada en el MC se mantuvo la mayor parte del periodo de medición muy por debajo del LIZC, incluso inferior a la HRE, solo durante las horas críticas de la tarde (13-16 h) se mantenía en los límites de confort. La HR promedio registrada en el MC fue de 26.99% (figura 118).

El MP-3 se mantuvo dentro los límites de confort, ligeramente por debajo del LIZC, solo durante dos días del periodo. La HR promedio registrada en MP-3 fue de 45.3% y la mínima de 16%.

La HRE se registró por debajo del LIZC durante la noche y las primeras horas de la mañana, y por arriba del LSZC durante las horas críticas de la tarde.

Las mediciones críticas se presentaron el 24 de marzo, ya que el MP-3 y el MC registraron un drástico descenso de HR respecto de lo registrado durante los demás días, al registrarse en el MC una HR mínima de 3% (figura 119).

CAPÍTULO 6. *Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales.*

CAPITULO 6. *Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales*

PERIODO DE PRUEBA 3. DISPOSITIVO DE CONTROL SOLAR ORIENTACIÓN OESTE HR (%)

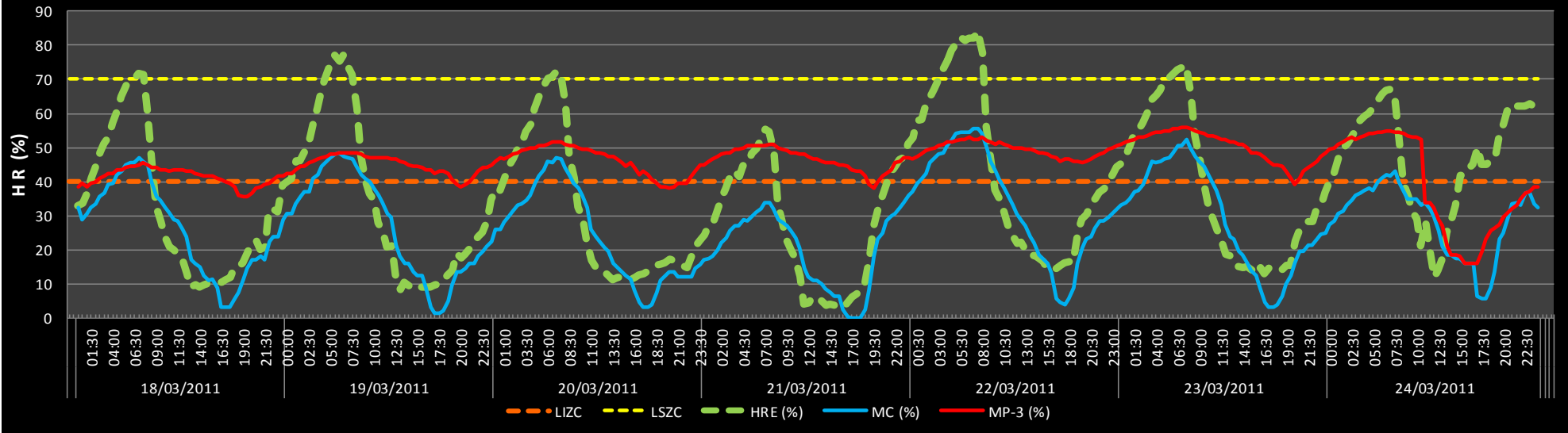


Figura 118. Gráfica de periodo de dispositivo de control solar orientación oeste HR (%).

	HRE	MC	MP-3
HR Max	84.07	55.50	56.00
HR Prom	36.21	26.99	45.30
HR Min	2.82	0.00	16.00

DISPOSITIVO DE CONTROL SOLAR OESTE DÍA CRÍTICO HR (%)

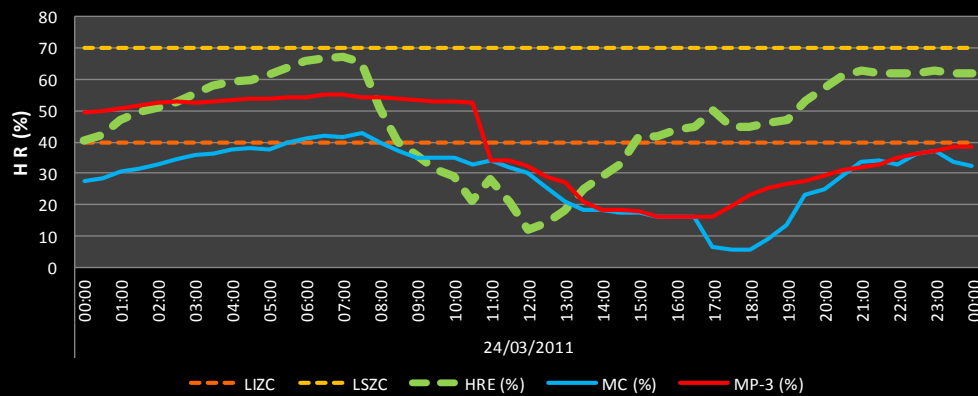


Figura 119. Gráfica de periodo de prueba de dispositivo de control solar oeste HR día crítico

	HRE	MC	MP-3
HR Max	72.50	47.00	51.50
HR Prom	31.51	24.00	46.08
HR Min	11.17	3.00	38.00

CAPITULO 6. ***Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales***



6.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

6.3.1 GANANCIA SOLAR POR ORIENTACIÓN SUR, ESTE Y OESTE

Las ganancias solares en orientación este resultaron más convenientes para el calentamiento pasivo, debido a que se mantuvieron por periodos más prolongados dentro de los límites de la zona de confort. No obstante, llegaron a presentarse temperaturas elevadas que sobrepasaban los límites superiores de confort durante las horas de máxima incidencia para esa orientación.

La orientación oeste presentó más periodos fuera de los límites superiores de confort en las horas críticas para esta orientación, mientras que un espacio aislado de ganancias solares directas, como se dispuso el MC, no consiguió alcanzar las temperaturas requeridas para mantenerse dentro de los límites de confort establecidos.

Se pudo comprobar, además, el efecto positivo que tiene la filtración solar directa, ya que en ambos casos las TBS registradas se mantuvieron durante todo el periodo de medición por arriba de la TE.

Se ratificó también que es necesario controlar la filtración solar directa únicamente durante las horas pico críticas de cada orientación, para que las temperaturas no se disparen por encima de los límites superiores de confort, sino que se mantengan dentro del intervalo de confort el mayor tiempo posible.

CAPÍTULO 6. Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales.

En lo referente a la HR, como es de esperarse, en ambos casos se vió disminuida en las horas críticas de sobrecalentamiento, situación que puede corregirse al controlar las ganancias térmicas durante ese periodo. No obstante, la mayor parte del periodo se mantuvo dentro de los límites de confort a diferencia de la HRE, la cual alcanzó a sobrepasar los límites superiores de confort.

6.3.2 DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR EN ORIENTACIÓN SUR

El módulo con dispositivo de control solar sur (MP-3), registró temperaturas ligeramente por debajo del módulo sin dispositivo de control (MC), especialmente en las horas críticas de la orientación sur, correspondientes a las horas más cercanas al medio día.

El descenso de temperaturas drástico se presentó durante las primeras horas de la noche, y comenzó su ascenso nuevamente durante las primeras horas de la mañana.

No obstante, las temperaturas registradas en los módulos se mantuvieron más constantes respecto de las TE, que alcanzaron temperaturas mínimas extremas por debajo de las registradas en los módulos.

La TBS promedio que se registró en el MC fue de 18.29° C, mientras que en el MP-3 fue de 17.81° C, lo que significa que la oscilación de temperaturas entre ambos fue de poco más de 1° C.

Se puede afirmar con esto que un dispositivo de control solar adecuado puede contribuir a disminuir las ganancias térmicas durante las horas críticas, sin embargo, tendría un efecto

mayor en combinación con alguna estrategia de retardo térmico que permita disminuir o evitar las pérdidas de temperatura durante la noche.

6.3.3 DISPOSITIVO DE CONTROL SOLAR EN ORIENTACIÓN OESTE

El dispositivo de control solar oeste óptimo registra datos favorables, ya que durante la mayor parte del periodo de medición se logró mantener TBS dentro de los intervalos de confort, quedando ligeramente por debajo del LIZC durante la noche y las primeras horas de la mañana. No obstante, la TBS mínima promedio registrada fue de 14° C, a diferencia de la TE, que se mantuvo por debajo de los límites de confort la mayor parte del tiempo, mientras que el MC presentó grandes oscilaciones a lo largo de todo el periodo de medición, por arriba y por debajo de los límites de confort la mayor parte del tiempo, especialmente durante las horas críticas de la tarde, cuando se registraron temperaturas extremadamente altas, con 51° C la máxima registrada.

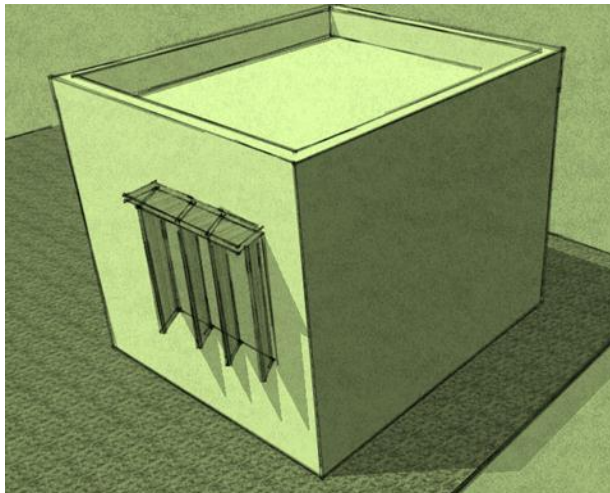
La TBS promedio registrada en el MP-3 fue de 18.70° C, temperatura que se encuentra dentro de los límites de confort.

Con ello podemos afirmar que un dispositivo de control solar diseñado bajo los criterios de geometría solar y análisis bioclimático, como se hizo en este caso, puede modificar significativamente las condiciones térmicas del espacio en el que se instala.

CAPÍTULO 6. ***Alternativas bioclimáticas como solución para lograr confort térmico, beneficios económicos y ambientales.***

Es importante tomar en cuenta que los módulos en los que se realizaron las pruebas no cuentan con vidrio en las ventanas, por lo que durante los periodos de medición las ventanas se mantuvieron abiertas en todo momento, debido a esto se supone que las horas que registraron temperaturas mínimas y máximas extremas elevadas pudieron presentarse por esta condición.

CAPÍTULO 7
**Guía de diseño de dispositivos de control solar
derivada de la investigación de este trabajo**



..GUÍA DE DISEÑO PARA DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR..

Como resultado de la investigación de este trabajo se creyó recomendable realizar una guía de diseño para dispositivos de control solar mediante la cual y teniendo como punto de partida el método estereográfico, se pueda conocer el procedimiento apropiado para el diseño de un dispositivo de control solar óptimo.

En esta guía se detalla la metodología paso a paso que se puede emplear para realizar el diseño de dispositivos de control solar, tomando como referencia los requerimientos de la ciudad de México, para ello se consideraron fundamentalmente los datos horarios de temperatura y la proyección estereográfica, así como el transportador de sombras.

7.1 INTERPRETACIÓN DE DATOS HORARIOS DE TEMPERATURA.

7.1.1 ZONA DE CONFORT

Es importante que previo a la interpretación de datos horarios de temperatura se defina la zona de confort térmico, mediante la cual se podrán definir los límites que determinarán las horas en los que la temperatura registrada esté dentro, por encima o por debajo de éstos, lo cual es fundamental para poder identificar las horas críticas que necesiten de control solar así como aquellas que requieran de calentamiento.

Para definir la zona de confort necesitamos determinar la temperatura neutra (T_n), *que es la temperatura óptima en la que el cuerpo hace el menor esfuerzo para mantener el confort*, y ésta se determina de la siguiente forma (Fuentes, 2004):

$$T_n = 17.6 + (0.31 \times T_m)$$

GUÍA DE DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

en donde,

T_m = temperatura media anual, (que se obtiene de las normales climatológicas de la región).

Por lo tanto para el caso de la ciudad de México es:

$$T_n = 17.6 + (0.31 \times 17.5)$$

$$T_n = 23$$

La zona de confort se determina con base en el método estático el cual establece un intervalo de ± 2.5 a partir de la T_n , por lo que:

$ZC = T_n \pm 2.5^\circ$ lo que significa que el intervalo será:

$$LSZC = T_n + 2.5^\circ$$

$$LIZC = T_n - 2.5^\circ$$

en donde,

$LSZC$ = Límite superior de la zona de confort

$LIZC$ = Límite inferior de la zona de confort

Con esto se estipula que:

$$\begin{aligned} LSZC &= 23^\circ + 2.5^\circ \\ &= 25.5^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LIZC &= 23^\circ - 2.5^\circ \\ &= 20.5 \end{aligned}$$

Por consiguiente la zona de confort queda establecida de 20.5° a 25.5° lo que quiere decir que las temperaturas que se registren por arriba de 25.5° requerirán de protección para evitar el acceso del sol, mientras aquellas que se registren por debajo de 20.5° indican que se necesita calentamiento a través de medidas que permitan el acceso del sol.

CAPÍTULO 7. GUÍA DE DISEÑO PARA DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

7.1.2 DATOS HORARIOS DE TEMPERATURA

Los datos horarios de temperatura se refieren a las temperaturas promedio mensuales registradas a cada hora y se pueden obtener de las estaciones meteorológicas de la localidad. En este caso los datos horarios que se emplearon son los obtenidos del observatorio de la ciudad de México y se presentan en la hoja de cálculo desarrollada por el Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet (Tabla A1).

Para poder interpretar los datos horarios es necesario establecer primero la zona de confort, para el caso de la ciudad de México se determinó de 20.5° a 25.5°, por lo que las temperaturas a partir de 25.6° y superiores que se marcan en amarillo representan las horas críticas de sobrecalentamiento, y las temperaturas a partir de 20.4° e inferiores que se marcan en azul representan las horas de bajo calentamiento. Las temperaturas que se marcan en recuadro blanco son las que permanecen dentro de la zona de confort.

TEMPERATURA																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ene	11.0	9.8	8.8	8.0	7.6	7.4	7.8	9.1	11.0	13.4	15.9	18.2	20.1	21.3	21.7	21.5	21.1	20.4	19.4	18.2	16.9	15.4	13.9	12.4
Feb	12.2	10.9	9.9	9.1	8.7	8.5	8.9	10.2	12.2	14.5	17.1	19.6	21.6	22.9	23.4	23.2	22.7	22.0	20.9	19.6	18.2	16.6	15.0	13.6
Mar	14.3	13.0	11.9	11.1	10.6	10.4	10.9	12.2	14.3	16.8	19.5	21.9	23.9	25.2	25.7	25.5	25.1	24.3	23.2	21.9	20.5	19.0	17.4	15.8
Abril	16.0	14.7	13.7	12.9	12.5	12.3	12.7	14.0	16.0	18.4	20.9	23.2	25.1	26.4	26.8	26.6	26.2	25.4	24.4	23.2	21.9	20.4	18.9	17.4
Mayo	16.6	15.5	14.5	13.8	13.3	13.2	13.6	14.8	16.6	18.8	21.2	23.4	25.2	26.4	26.8	26.7	26.2	25.5	24.6	23.4	22.1	20.7	19.3	17.9
Jun	16.5	15.5	14.6	14.0	13.6	13.5	13.9	14.9	16.4	18.4	20.4	22.3	23.9	24.9	25.3	25.2	24.8	24.2	23.3	22.4	21.2	20.0	18.8	17.6
Jul	15.4	14.4	13.6	13.0	12.6	12.5	12.8	13.9	15.4	17.3	19.2	21.0	22.5	23.5	23.8	23.7	23.3	22.7	22.0	21.0	20.0	18.9	17.7	16.5
Ago	15.5	14.6	13.8	13.2	12.8	12.7	13.0	14.0	15.5	17.3	19.3	21.1	22.6	23.6	23.9	23.8	23.4	22.8	22.0	21.1	20.0	18.9	17.7	16.6
Sep	15.4	14.5	13.7	13.2	12.8	12.7	13.0	13.9	15.3	17.1	18.9	20.6	22.1	23.0	23.3	23.2	22.8	22.3	21.5	20.7	19.6	18.6	17.4	16.4
Oct	14.2	13.2	12.3	11.7	11.3	11.2	11.6	12.6	14.2	16.1	18.2	20.0	21.6	22.6	22.9	22.8	22.4	21.8	21.0	20.0	19.0	17.8	16.6	15.3
Nov	13.0	11.9	11.0	10.3	9.8	9.7	10.1	11.2	13.0	15.2	17.4	19.6	21.4	22.5	22.9	22.8	22.3	21.6	20.7	19.6	18.3	17.0	15.6	14.3
Dic	11.6	10.4	9.4	8.7	8.3	8.1	8.5	9.7	11.5	13.8	16.2	18.4	20.3	21.5	21.9	21.7	21.3	20.6	19.6	18.5	17.1	15.7	14.3	12.9
ANUAL	14.3	13.2	12.3	11.6	11.2	11.0	11.4	12.5	14.3	16.4	18.7	20.8	22.5	23.6	24.0	23.9	23.5	22.8	21.9	20.8	19.6	18.2	16.9	15.5

Tabla 11. Datos horarios Ciudad de México. Fuente: Autor Tabla: Víctor Fuentes.

En la Tabla A1 se observa claramente que las horas de sobrecalentamiento se registran de las 14hrs a las 17hrs en los meses de abril y mayo, y a las 15hrs en marzo, las horas de bajo calentamiento se presentan durante la noche, madrugada y en la mañana hasta aproximadamente a las 12 del día, cuando las temperaturas se registran dentro de la zona de confort.

GUÍA DE DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

Con esto podemos determinar que se necesita de protección solar durante marzo, abril y mayo por la tarde, por lo que las fachadas afectadas son las orientadas al sur, suroeste, oeste y noroeste, debido a que son las orientaciones que reciben los rayos solares de la tarde.

7.2 COLOCACIÓN DE DATOS HORARIOS DE TEMPERATURA EN PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA.

La proyección estereográfica es una representación plana de la ruta solar en la cual se representan las coordenadas solares en un solo plano. Está proyección es muy útil para el estudio de sombras proyectadas y para la evaluación de dispositivos de control solar. El trazo de las trayectorias del sol puede variar dependiendo de la latitud del lugar.

Los diagramas de temperaturas horarias se deben sobreponer en la proyección estereográfica para poder definir los ángulos de filtración solar que se requieren bloquear, para ello es importante que primero se tenga la proyección estereográfica correspondiente a la latitud de la localidad, que en este caso corresponde a latitud 19° (Figura 120).

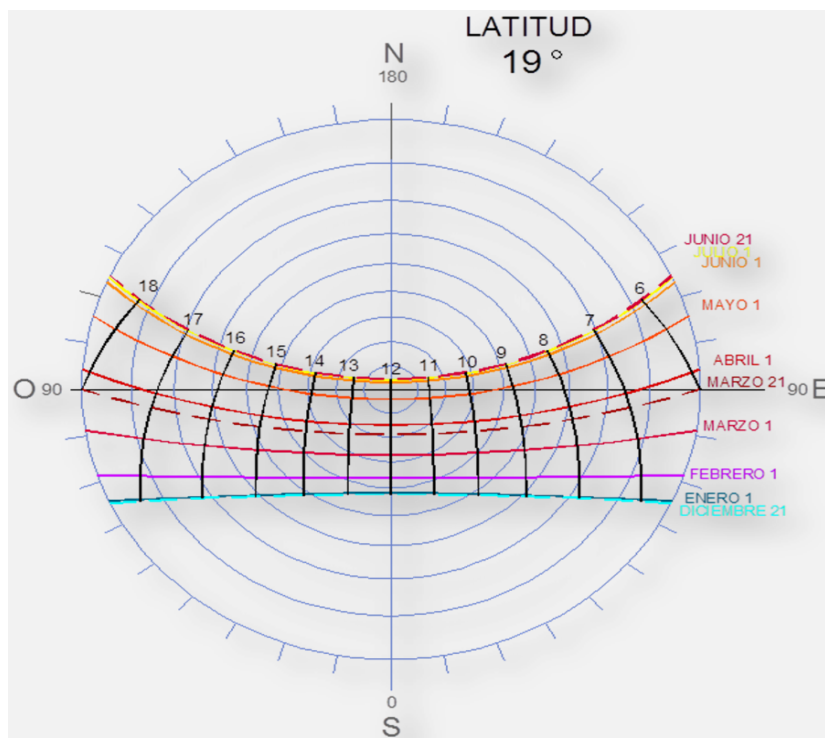


Figura 120. Proyección estereográfica latitud 19° . Fuente: Autor.

CAPÍTULO 7. GUÍA DE DISEÑO PARA DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

La proyección estereográfica se divide horizontalmente por mes, y verticalmente por hora, siendo de las 6hrs a las 18hrs las horas marcadas por ser el horario de recorrido del sol. Los meses se proyectan al igual que las horas de acuerdo al recorrido del sol, y se trazan en dos gráficas, la primera que comprende el solsticio de invierno (diciembre, enero y febrero), el equinoccio de primavera (marzo, abril y mayo) y parte del solsticio de verano (junio y julio), mientras que en la otra se ubican parte del solsticio de invierno (diciembre y enero), el equinoccio de otoño (septiembre, octubre y noviembre) y el solsticio de verano (junio, julio y agosto)(Figura 121). En ambas gráficas se consideran el trazo del primer día de cada mes así como los días de inicio de cada solsticio y equinoccio.

En el caso de la ciudad de México los meses que requieren de protección solar son los del equinoccio de primavera (marzo, abril y mayo) por lo que solo se utilizará la proyección estereográfica en la que se ubiquen estos meses.

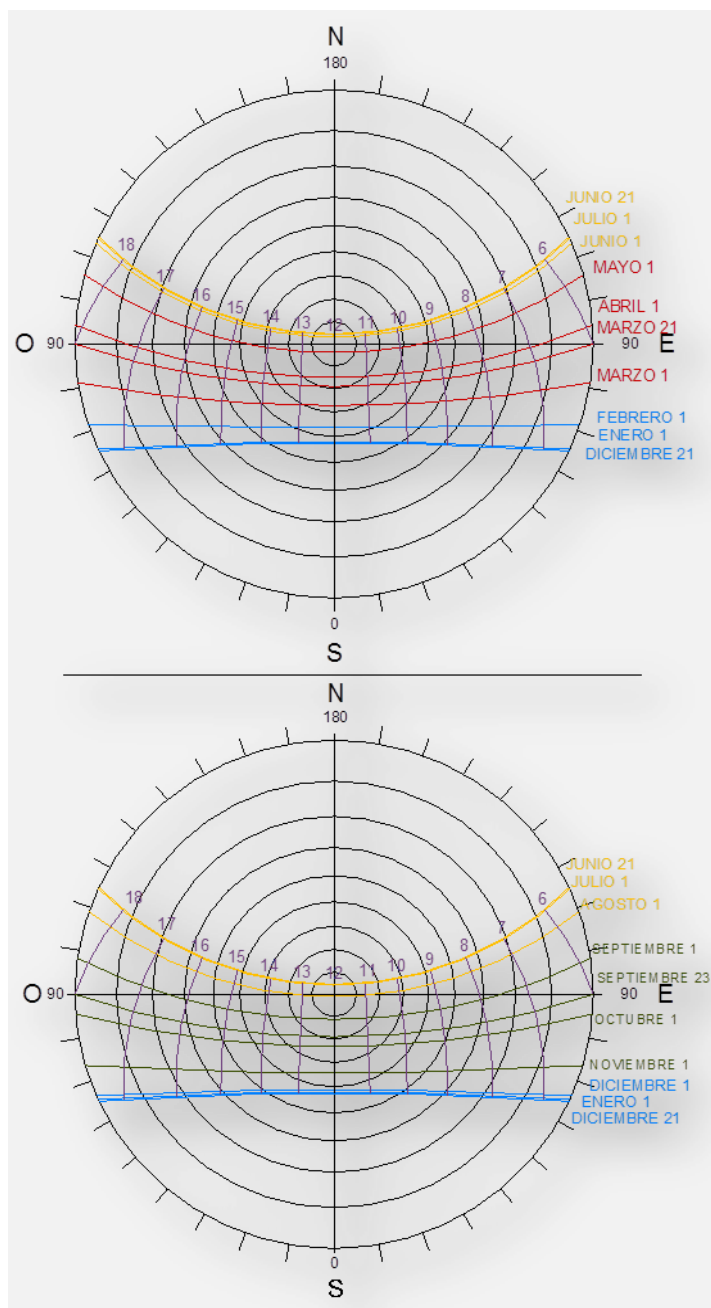


Figura 121. Proyección estereográfica. 1er. semestre (arriba), 2do. semestre (abajo). Fuente: Autor.

GUÍA DE DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

Una vez definida la gráfica que se necesita, se deben pasar los datos horarios a ésta guiándose por las líneas de mes y hora, como se muestra en el ejemplo (Figura 122), en donde se ubican las horas críticas de sobrecalentamiento del mes de abril de las 14hrs a las 17hrs tal como lo

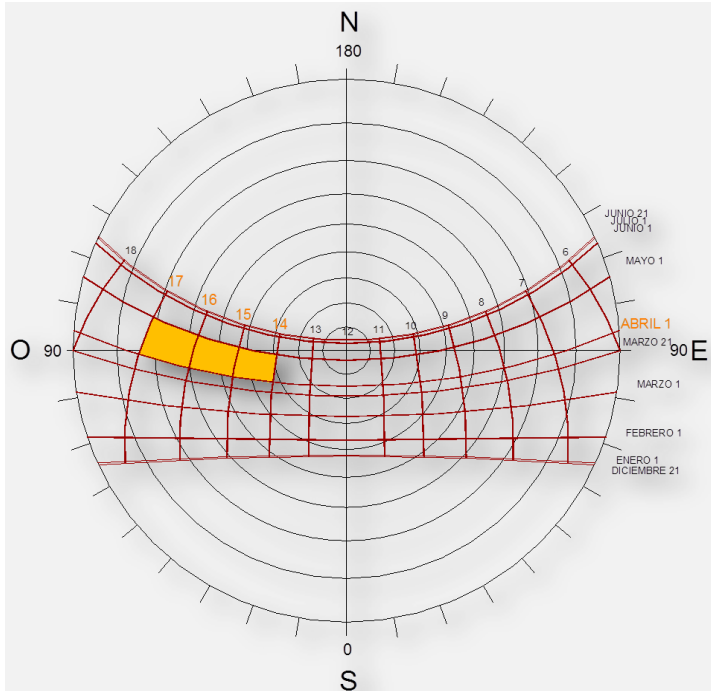


Figura 122. Ubicación de datos horarios en proyección estereográfica. Ejemplo abril de 14hrs a 17hrs Fuente: Autor.

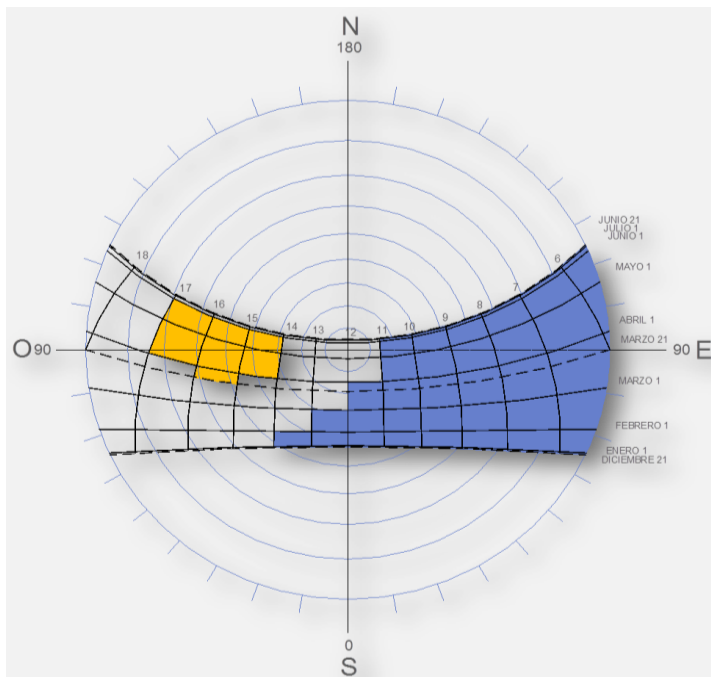


Figura 123. Ubicación de datos horarios en proyección estereográfica. Fuente: Autor.

indican los datos horarios.

Ya que han sido colocados todos los datos horarios sobre la proyección estereográfica en las horas y meses correspondientes, se podrán ubicar las horas de sobrecalentamiento, confort y bajo calentamiento (Figura 123). Lo que es necesario para ubicar los puntos que determinarán los ángulos del dispositivo de control solar.

Con los datos horarios indicados sobre la proyección estereográfica se puede deducir que los requerimientos de control solar son necesarios por la tarde, por consiguiente será necesario diseñar dispositivos de control solar para las orientaciones sur, suroeste, oeste y noroeste, ya que son las orientaciones que presentan incidencia solar durante las horas de la tarde.

Para determinar el tipo de dispositivo y los ángulos adecuados, se debe emplear la mascarilla de sombreado para cada una de las orientaciones.

7.3 COLOCACIÓN DE MASCARILLA DE SOMBREADO EN PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA.

La mascarilla de sombreado se utiliza para determinar la protección requerida (zonas de sombreado) de los dispositivos de control solar, ya que nos permite determinar el tipo de dispositivo necesario, ya sea vertical u horizontal así como los ángulos de inclinación de éstos. Es importante considerar que la base horizontal de la mascarilla de sombreado hace referencia al plano de la fachada que se analiza, la cual debe rotarse de acuerdo a la orientación de la fachada para poder ubicar los puntos críticos que en su caso requieran de control solar (Figura 124).

La mascarilla de sombreado está formada por líneas curvas convergentes que bisecan la esfera celeste con planos inclinados a cada 10° desde el horizonte hasta el cenit los que permiten determinar los ángulos de inclinación para dispositivos horizontales (Figura 125), y desde el sur hasta el norte para determinar los ángulos de los dispositivos verticales (Figura 126). Ver tipos de dispositivos de control solar en la página 35.

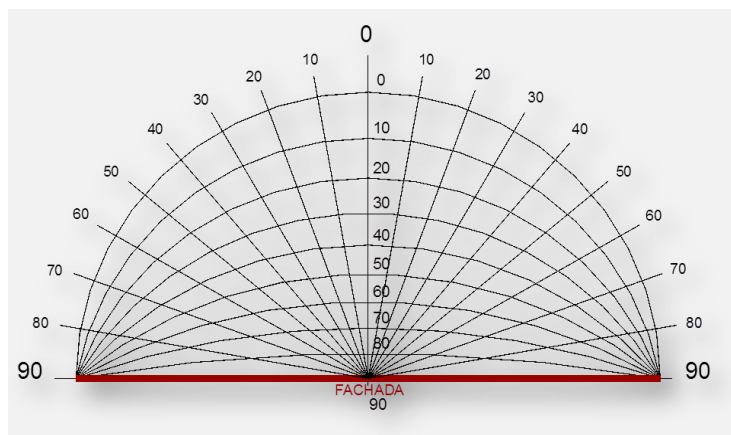


Figura 124. Fachada en mascarilla de sombreado

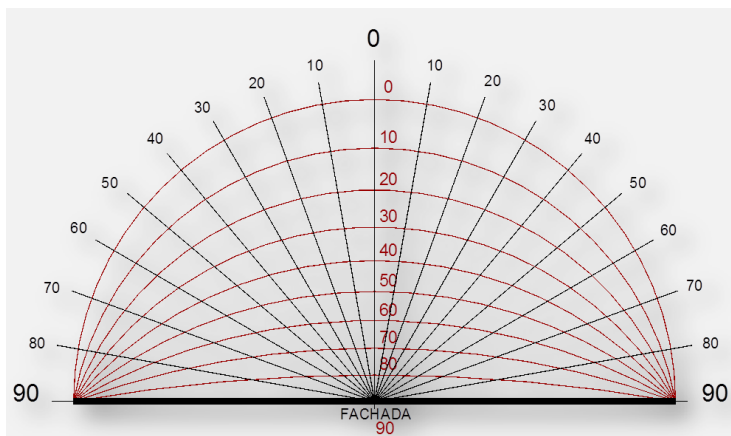


Figura 125. Líneas curvas en mascarilla de sombreado

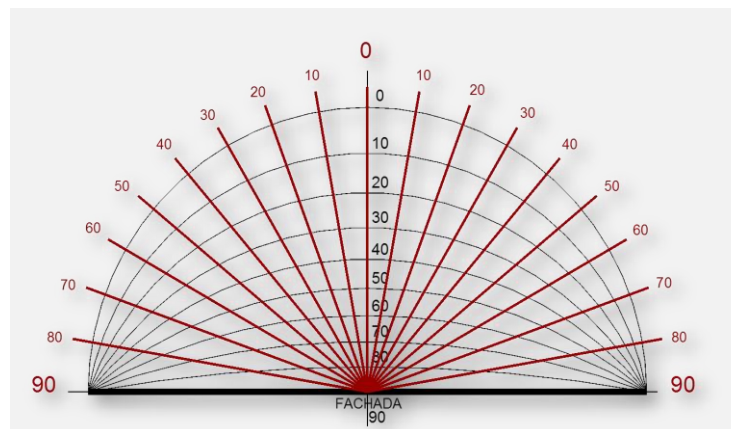


Figura 126. Planos inclinados en mascarilla de sombreado

GUÍA DE DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

El primer paso para el análisis y definición del dispositivo de control solar consiste en sobreponer la mascarilla de sombreado alineada en la orientación que se va a analizar, sobre la proyección estereográfica de la latitud correspondiente, en este ejemplo se realizara el diseño de un dispositivo de control solar para la orientación sur con los datos de la Ciudad de México (Figura 127).

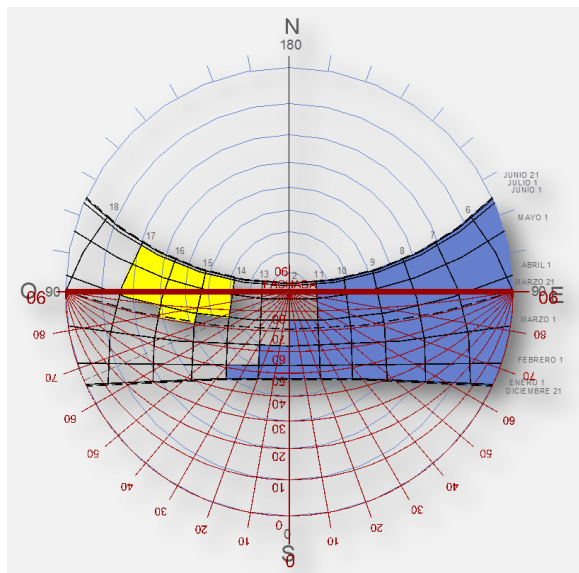


Figura 127. Mascarilla de sombreado sobrepuesta en la gráfica de la proyección estereográfica. Fuente: Autor.

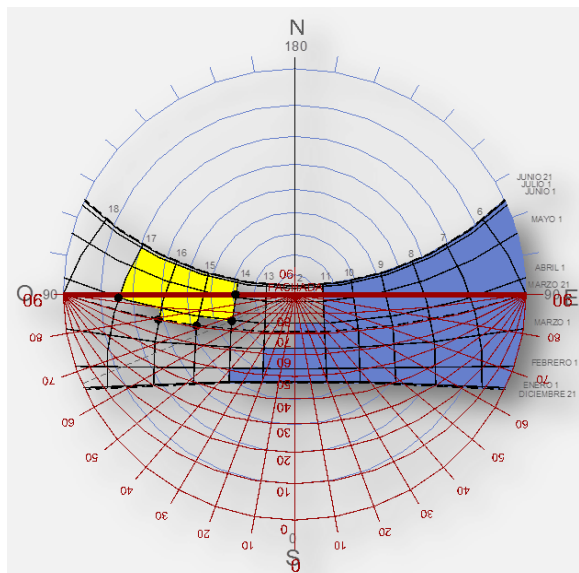


Figura 128. Líneas radiales en mascarilla de sombreado. Fuente: Autor.

Con la mascarilla de sombreado sobre la proyección estereográfica se pueden ubicar los puntos críticos que necesitan ser bloqueados para esta orientación, lo que permitirá definir el tipo de dispositivo necesario (Figura 128). Para este caso se demuestra que puede funcionar tanto un dispositivo de control solar horizontal, uno vertical o combinado, siendo esta última la opción elegida.

CAPÍTULO 7. GUÍA DE DISEÑO PARA DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

Para el diseño del dispositivo vertical se debe considerar el ángulo que se obtiene entre la fachada y el plano inclinado que se traza del centro hacia el punto que se desea bloquear, el cual es de 23° (Figura 129). En lo que se refiere al dispositivo horizontal se considera el ángulo que nos indica la línea curva que se traza de los extremos de la mascarilla de sombreado y que pasa por los puntos críticos de sobrecalentamiento, resultando un ángulo de 70° (Figura 129).

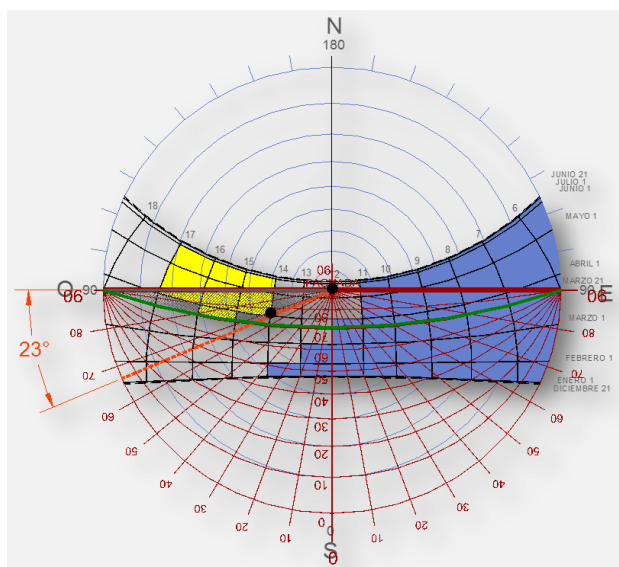


Figura 129. Definición de ángulos de dispositivos

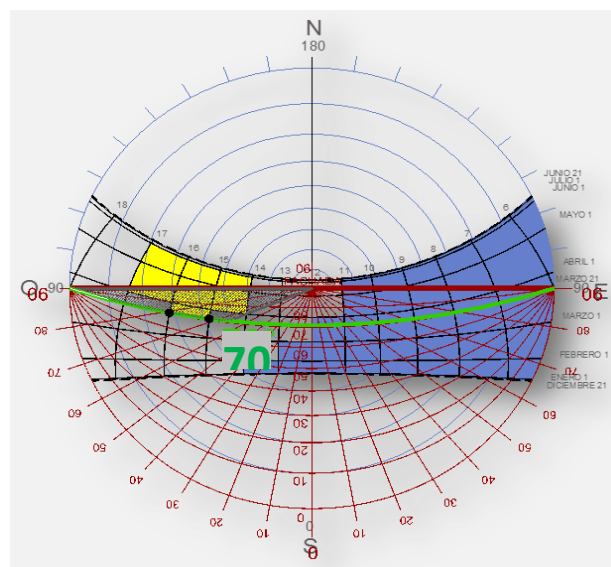


Figura 130. Definición de ángulos de dispositivos

Los ángulos que determinan el dispositivo de control solar vertical se trazan en planta, mientras que los ángulos para definir el dispositivo de control solar se trazan en el alzado, en ambos casos se toma como punto de partida el límite interior de la ventana (Figuras 131 y 132).

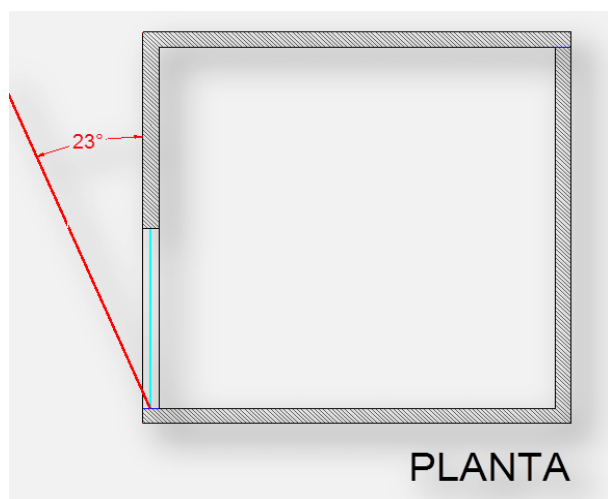


Figura 131. Trazo de ángulo para dispositivo vertical en planta. Fuente: Autor. AutoCad

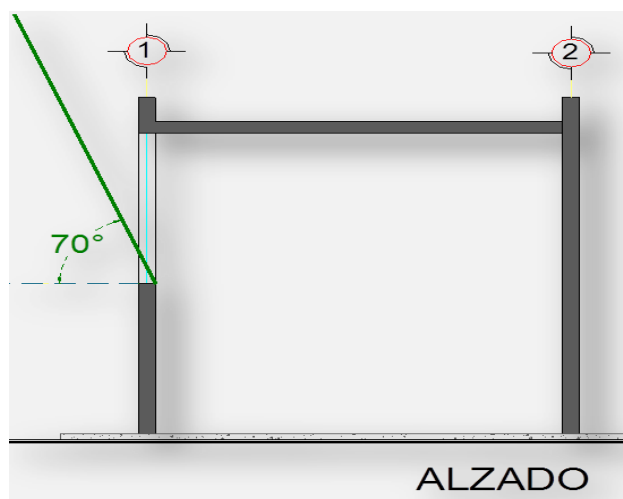


Figura 132. Trazo de ángulo para dispositivo horizontal en alzado. Fuente: Autor. Programa:

GUÍA DE DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

7.4 DISEÑO DE DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR.

A partir del trazo de ángulos en planta y alzado se define el largo y la inclinación necesaria para que el dispositivo de control solar sea el adecuado (Figuras 133 y 134).

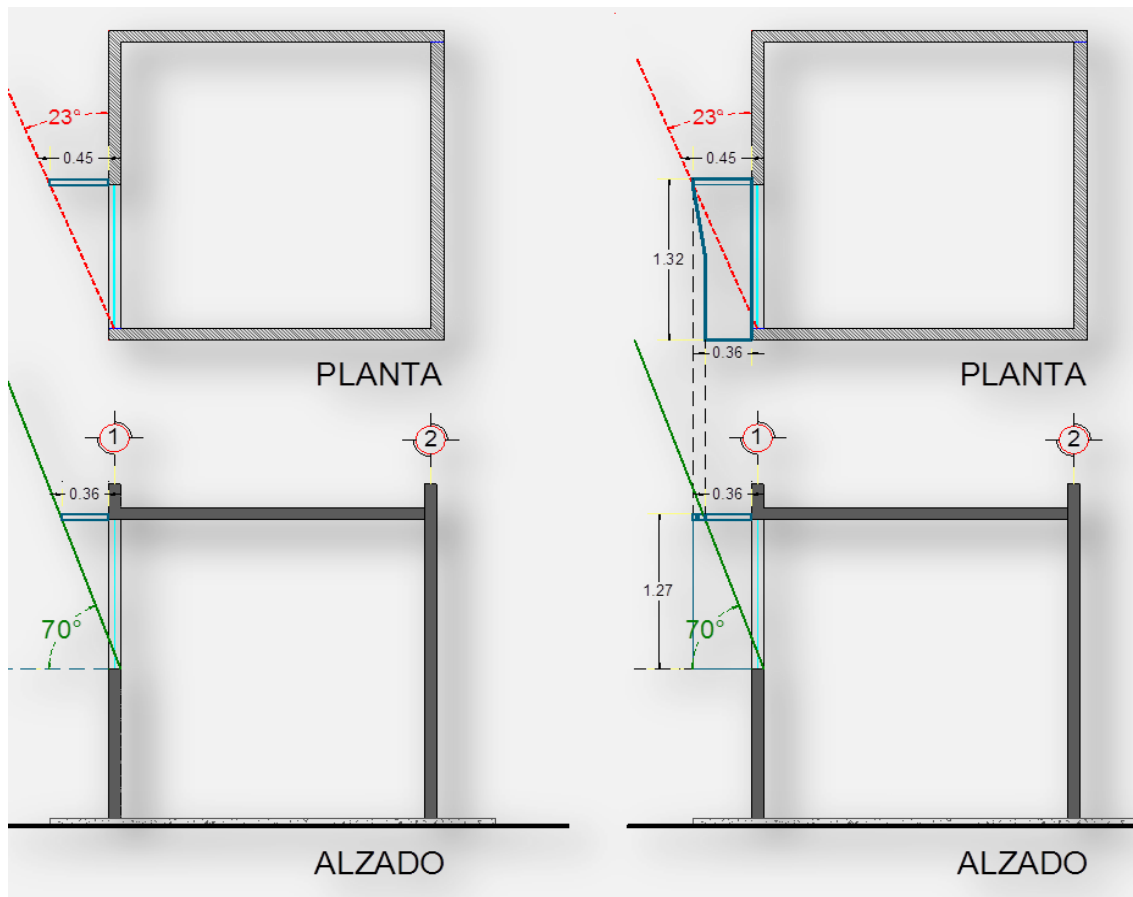


Figura 133. Trazo y diseño de dispositivos de control solar. Fuente: Autor. Proarama: AutoCad.

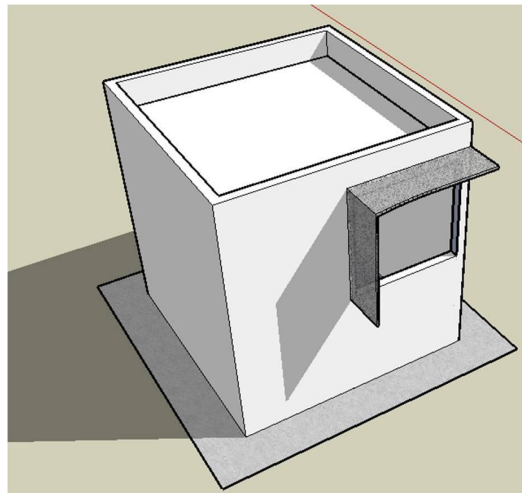


Figura 134. Diseño óptimo de dispositivo de control solar. Fuente: Autor.

7.5 DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR PARA DIFERENTES ORIENTACIONES.

Con base en este procedimiento se presentan a continuación las propuestas de dispositivos de control solar óptimos para las orientaciones que requieren de protección solar para la ciudad de México, que de acuerdo al análisis bioclimático realizado, indica que las aberturas o ventanas que requieren medidas de control solar son las orientadas al norte, sur, oeste e intermedias entre éstas, las cuales se describen a continuación.

7.5.1 ORIENTACIÓN NORTE.

Para la orientación norte el dispositivo de control solar óptimo según el análisis con la proyección estereográfica y la mascarilla de sombreado, consiste en un partesol el cual se puede complementar con protección horizontal (figura 135).

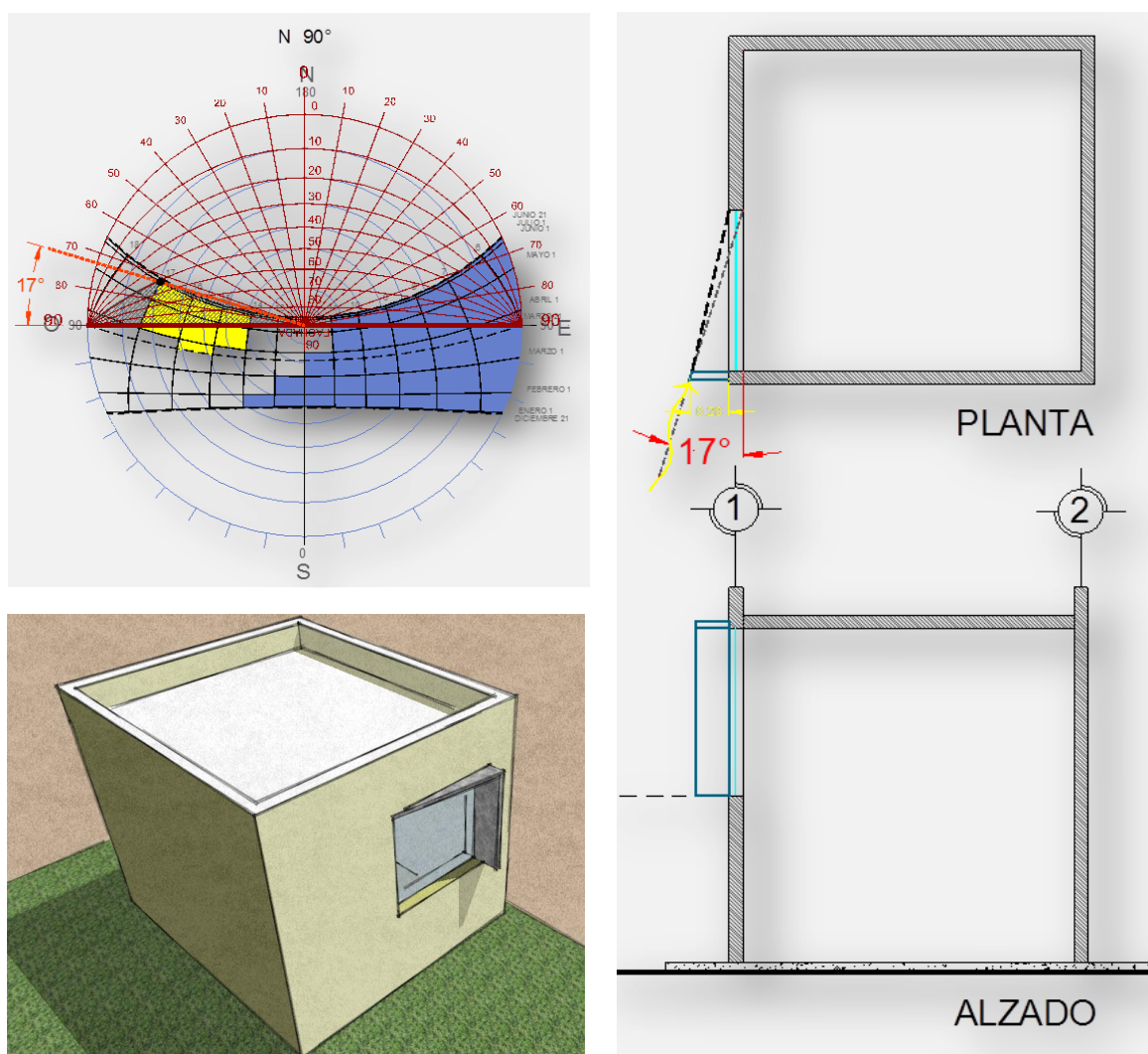


Figura 135. Diseño óptimo de dispositivo de control solar. Fuente: Autor. Programas: AutoCad y SketchUp.

GUÍA DE DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

7.5.2 ORIENTACIÓN DE 1° A 22.5° NOROESTE.

En las fachadas orientadas de 1° a 22.5°NO, el dispositivo de control solar óptimo consiste en un cambio de orientación de 40° hacia el N, el cual puede diseñarse solo en los límites de la ventana o extenderse si es que las características del proyecto así lo permite (figura 136).

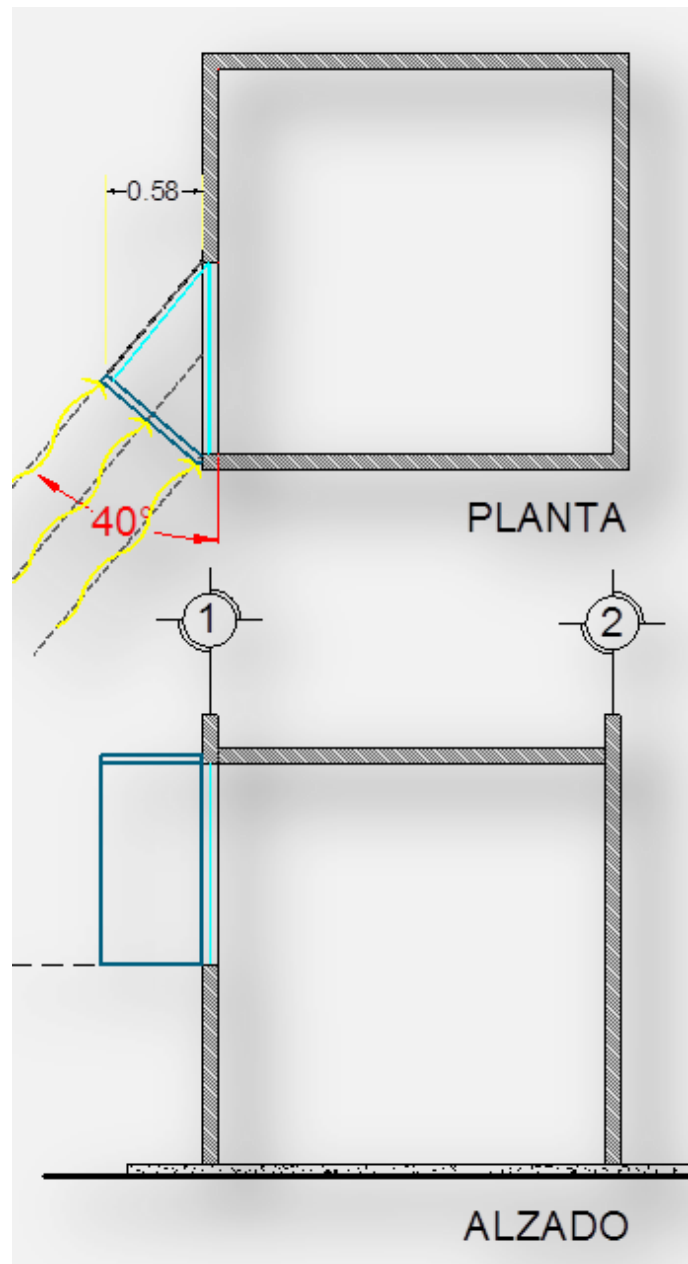
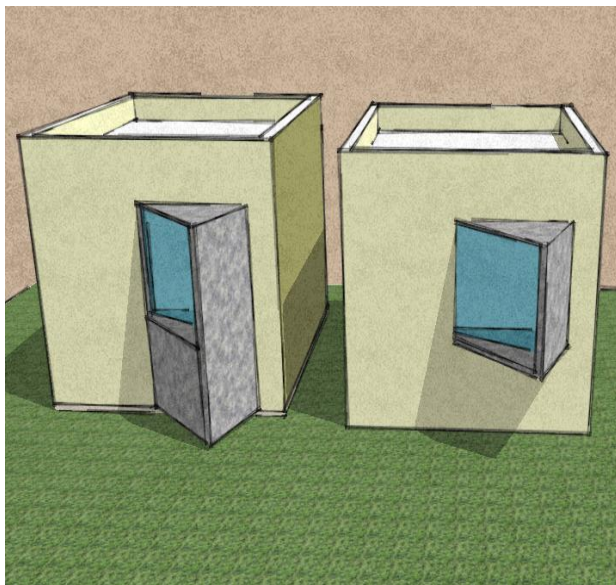
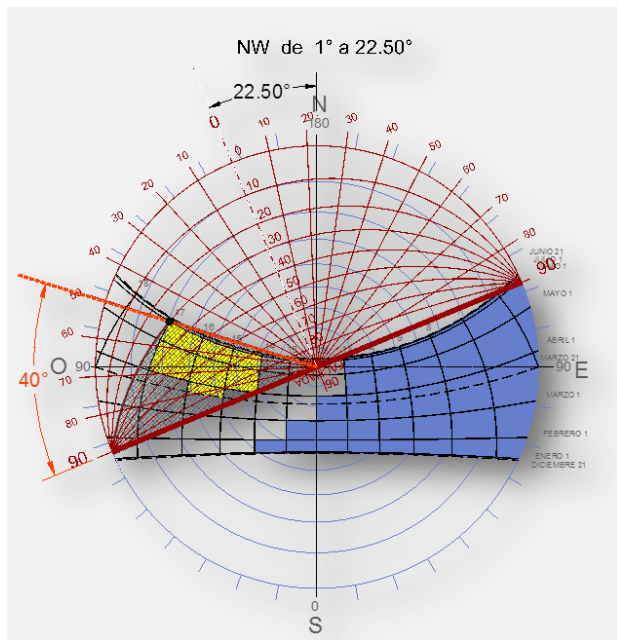


Figura 136. Diseño óptimo de dispositivo de control solar. Fuente: Autor. Programas: AutoCad y SketchUp.

7.5.3 ORIENTACIÓN DE 22.51° A 67.49° NOROESTE

En las fachadas orientadas de 22.51° a 67.49°NO, el dispositivo de control solar óptimo consiste en un cambio de orientación de 62° hacia el N, o bien una pantalla con la misma inclinación (figura 137).

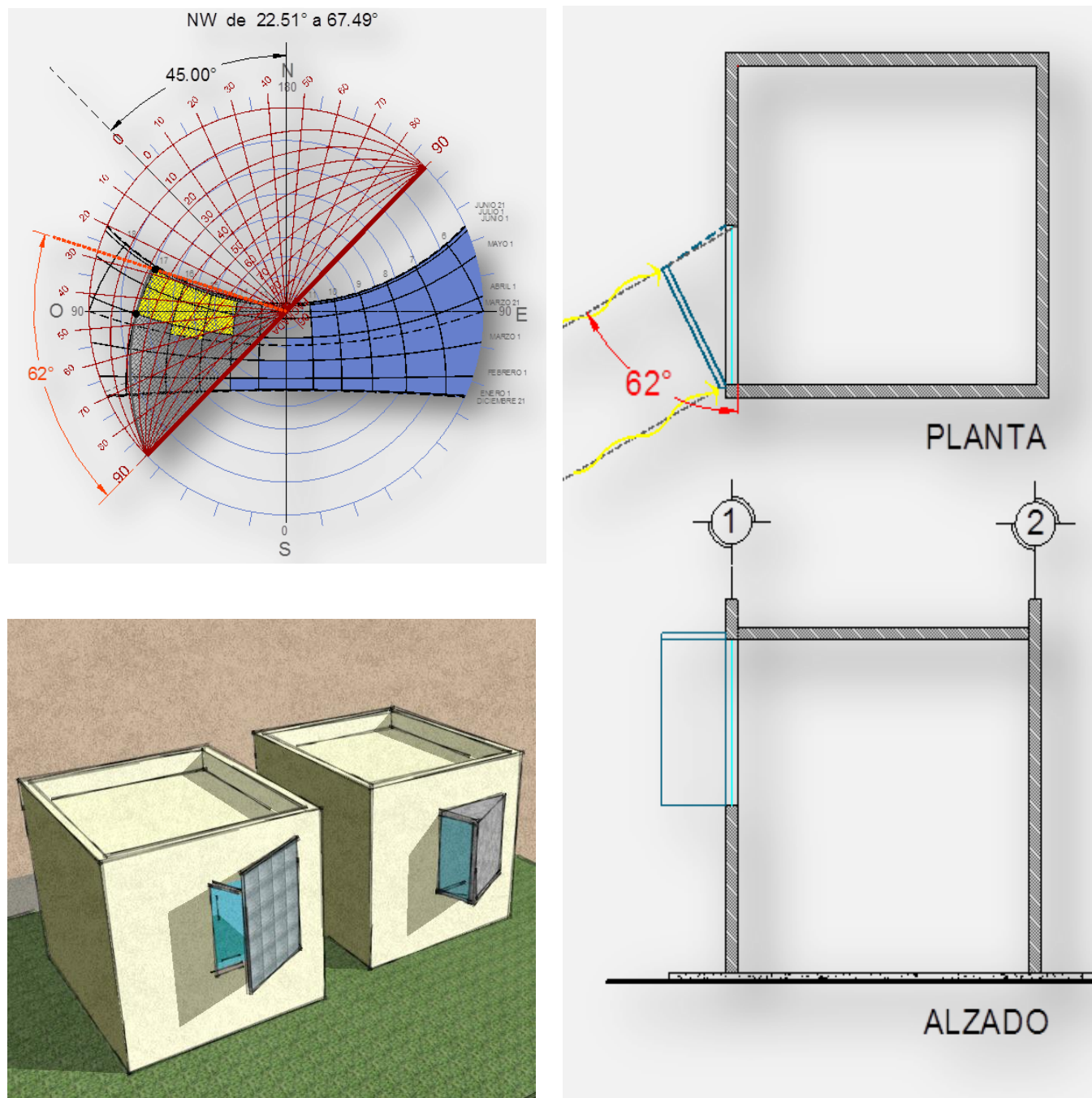


Figura 137. Diseño óptimo de dispositivo de control solar. Fuente: Autor. Programas: AutoCad y SketchUp.

GUÍA DE DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

7.5.4 ORIENTACIÓN DE 67.50° A 89° NOROESTE.

En las fachadas orientadas de 67.50° a 89°NO, el dispositivo de control solar óptimo consiste en partesoles con inclinación 49° con respecto al N (figura 138).

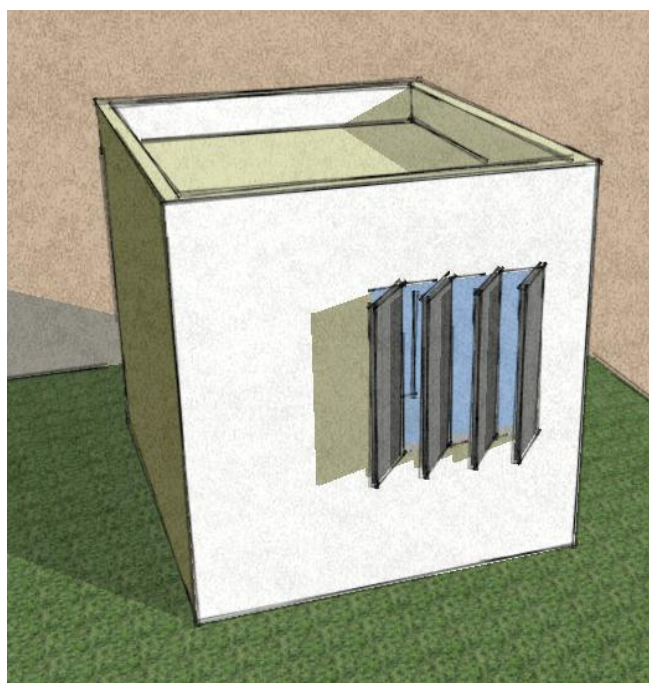
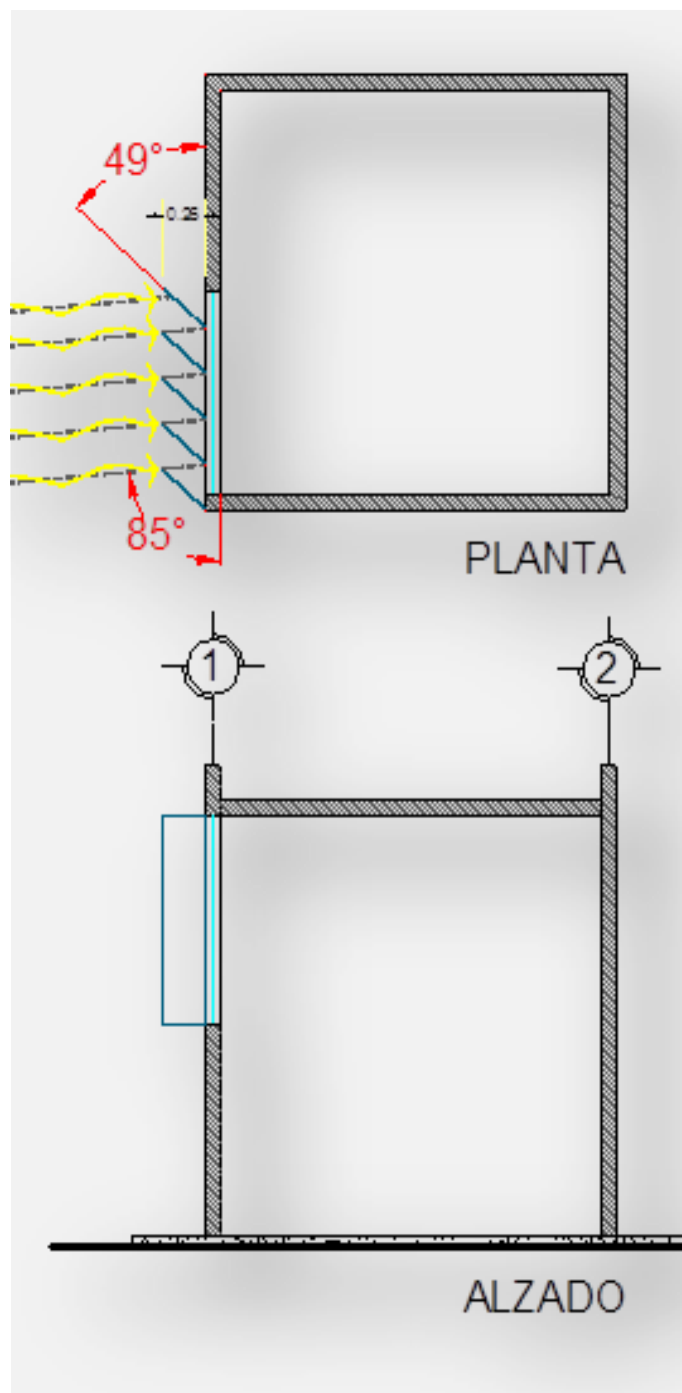
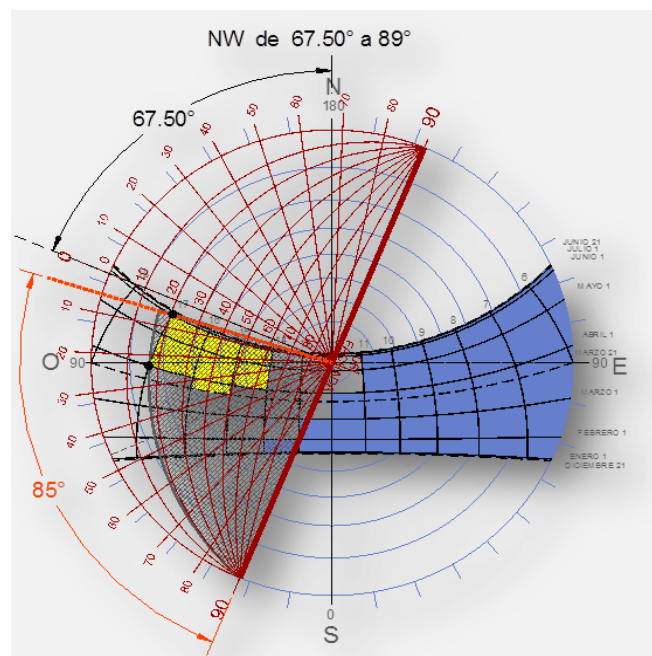


Figura 138. Diseño óptimo de dispositivo de control solar. Fuente: Autor. Programas: AutoCad y SketchUp.

CAPÍTULO 7. GUÍA DE DISEÑO PARA DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

7.5.5 ORIENTACIÓN OESTE.

En las fachadas orientadas al oeste, el dispositivo de control solar óptimo consiste en partesoles con inclinación 49° , los cuales se pueden complementar con protección horizontal (figura 139).

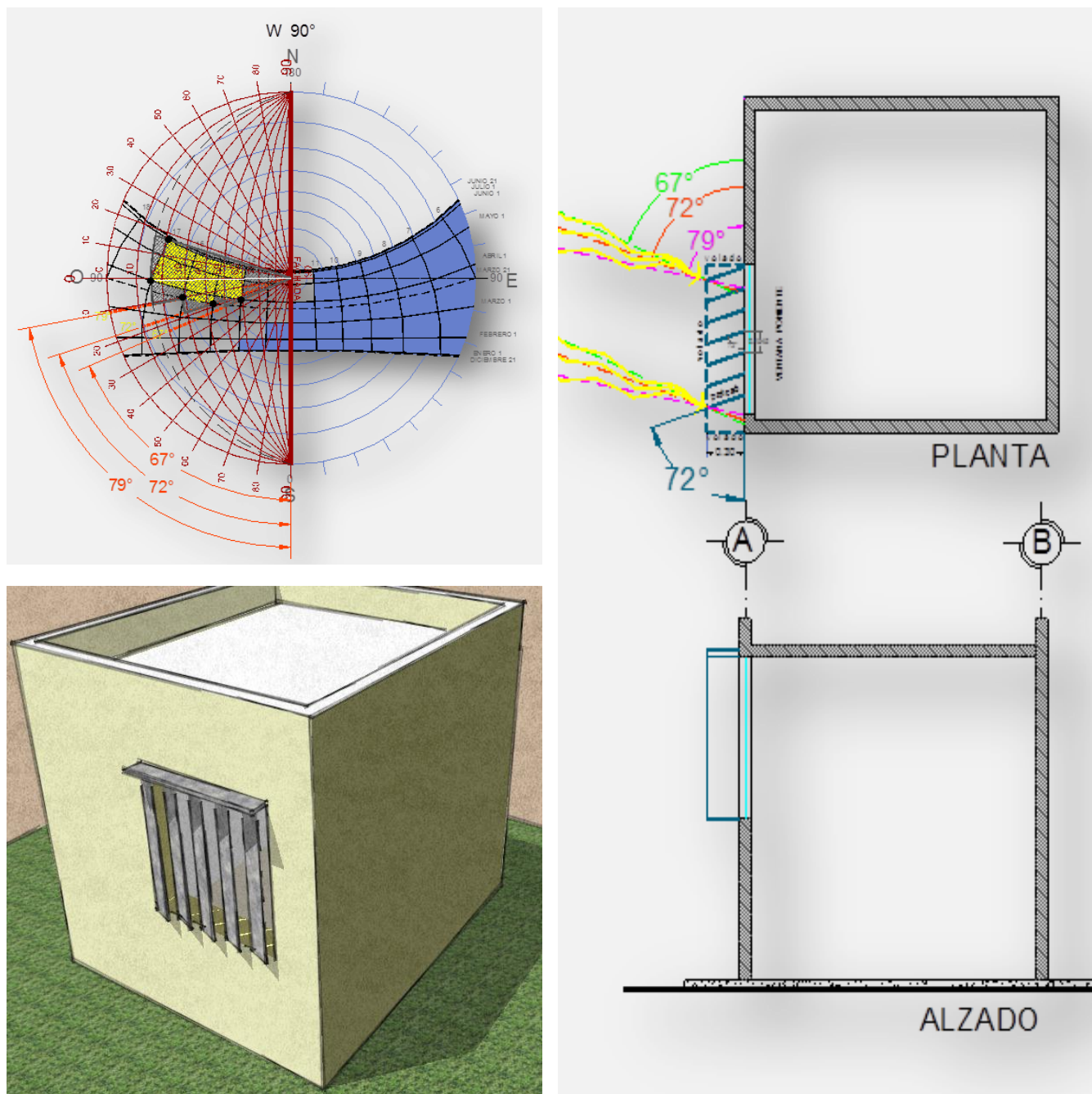


Figura 139. Diseño óptimo de dispositivo de control solar. Fuente: Autor. Programas: AutoCad y SketchUp.

GUÍA DE DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

7.5.6 ORIENTACIÓN DE 67.50° A 89°SUROESTE

En las fachadas orientadas de 67.50° a 89°suroeste, el dispositivo de control solar óptimo consiste en una pantalla.

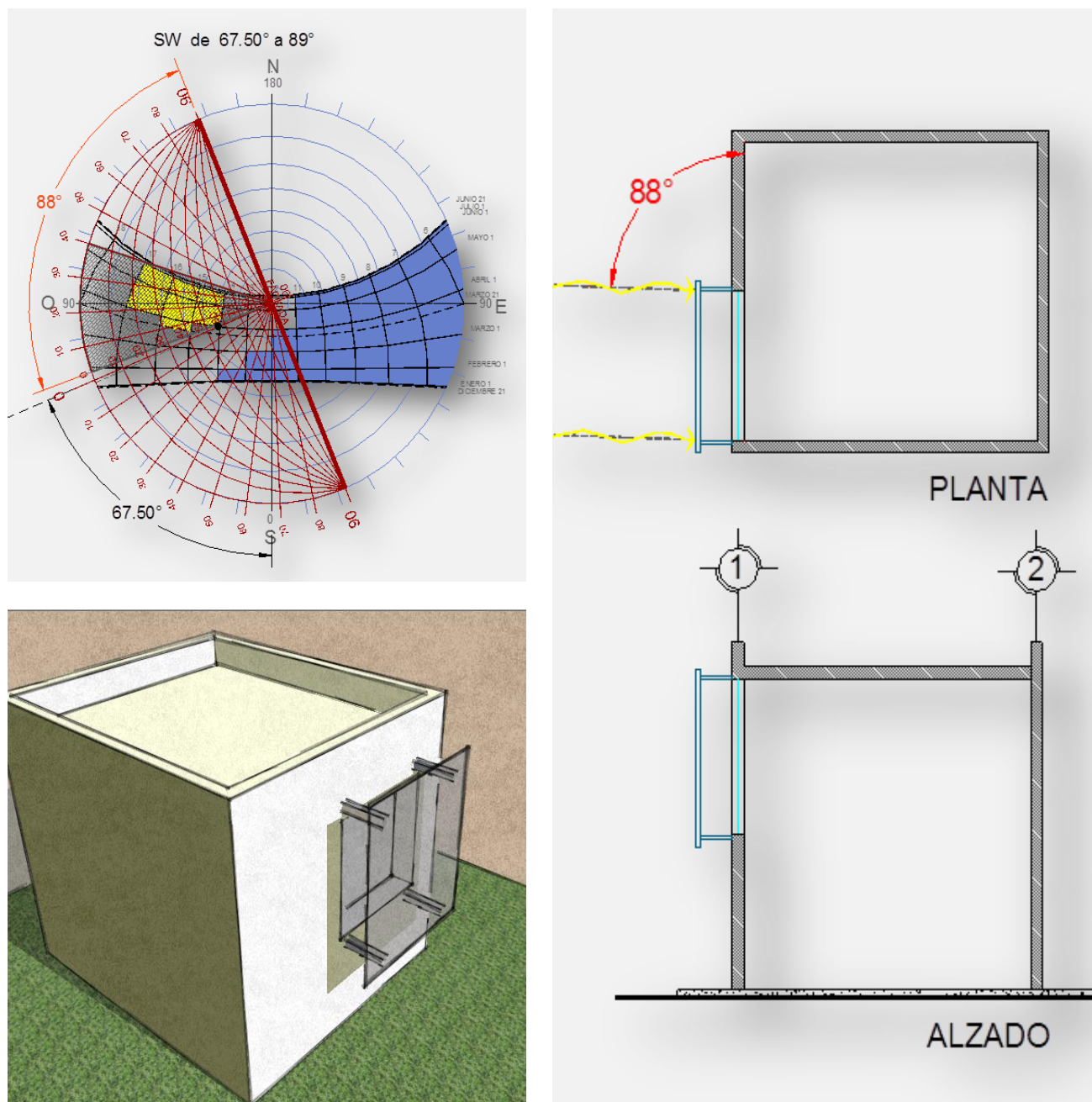


Figura 140. Diseño óptimo de dispositivo de control solar. Fuente: Autor. Programas: AutoCad y SketchUp.

7.5.7 ORIENTACIÓN DE 22.51° A 67.49° SUROESTE

En las fachadas orientadas de 22.51° a 67.49° Suroeste, el dispositivo de control solar óptimo son partesoles con inclinación 59°, los cuales se pueden complementar con protección horizontal (figura 141).

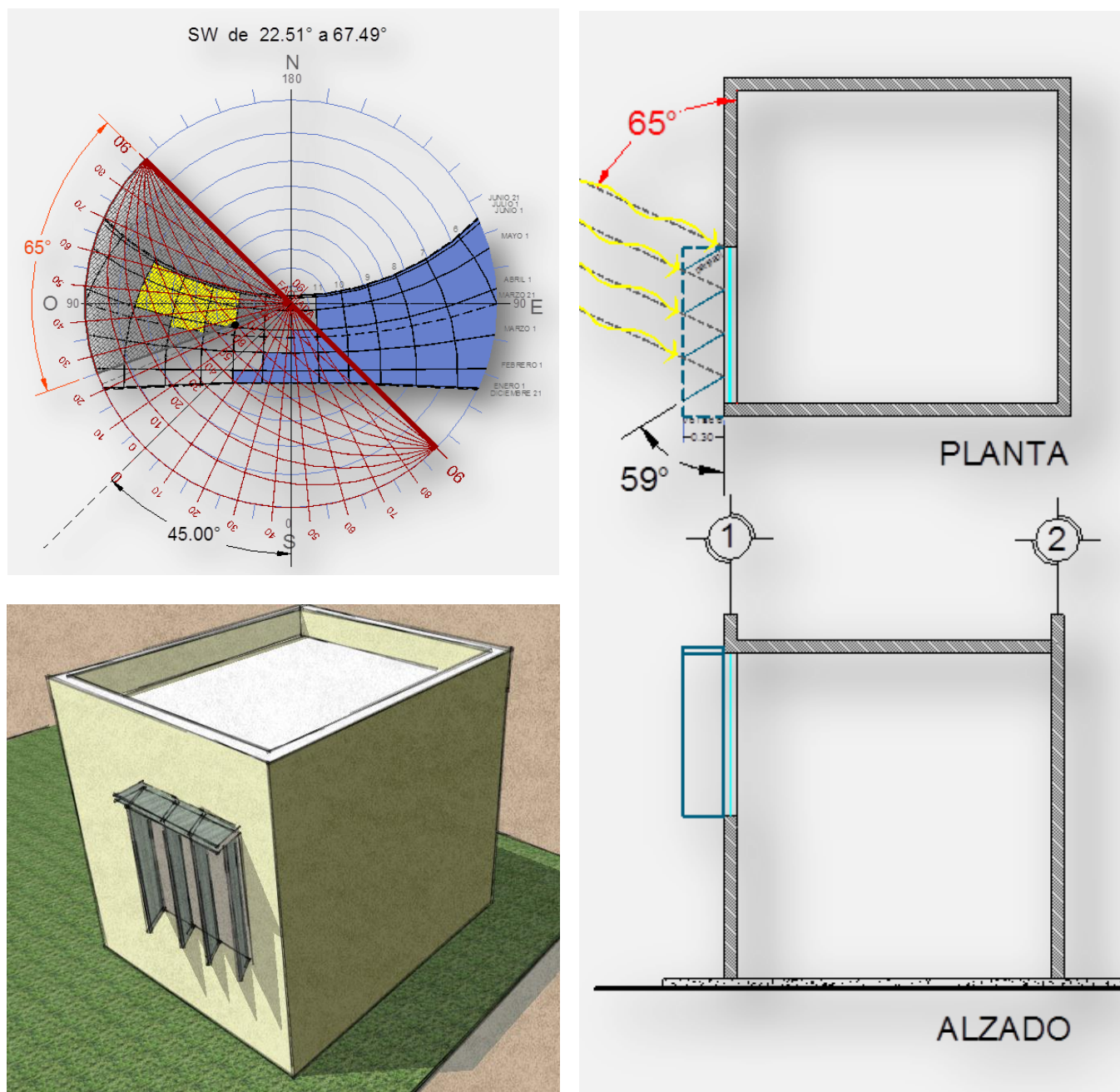


Figura 141. Diseño óptimo de dispositivo de control solar. Fuente: Autor. Programas: AutoCad y SketchUp.

GUÍA DE DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

7.5.8 ORIENTACIÓN DE 1° A 22.50° SUROESTE

En las fachadas orientadas de 1° a 22.50° Suroeste, el dispositivo de control solar óptimo son partesoles con inclinación 72°, los cuales se pueden complementar con protección horizontal (figura 142).

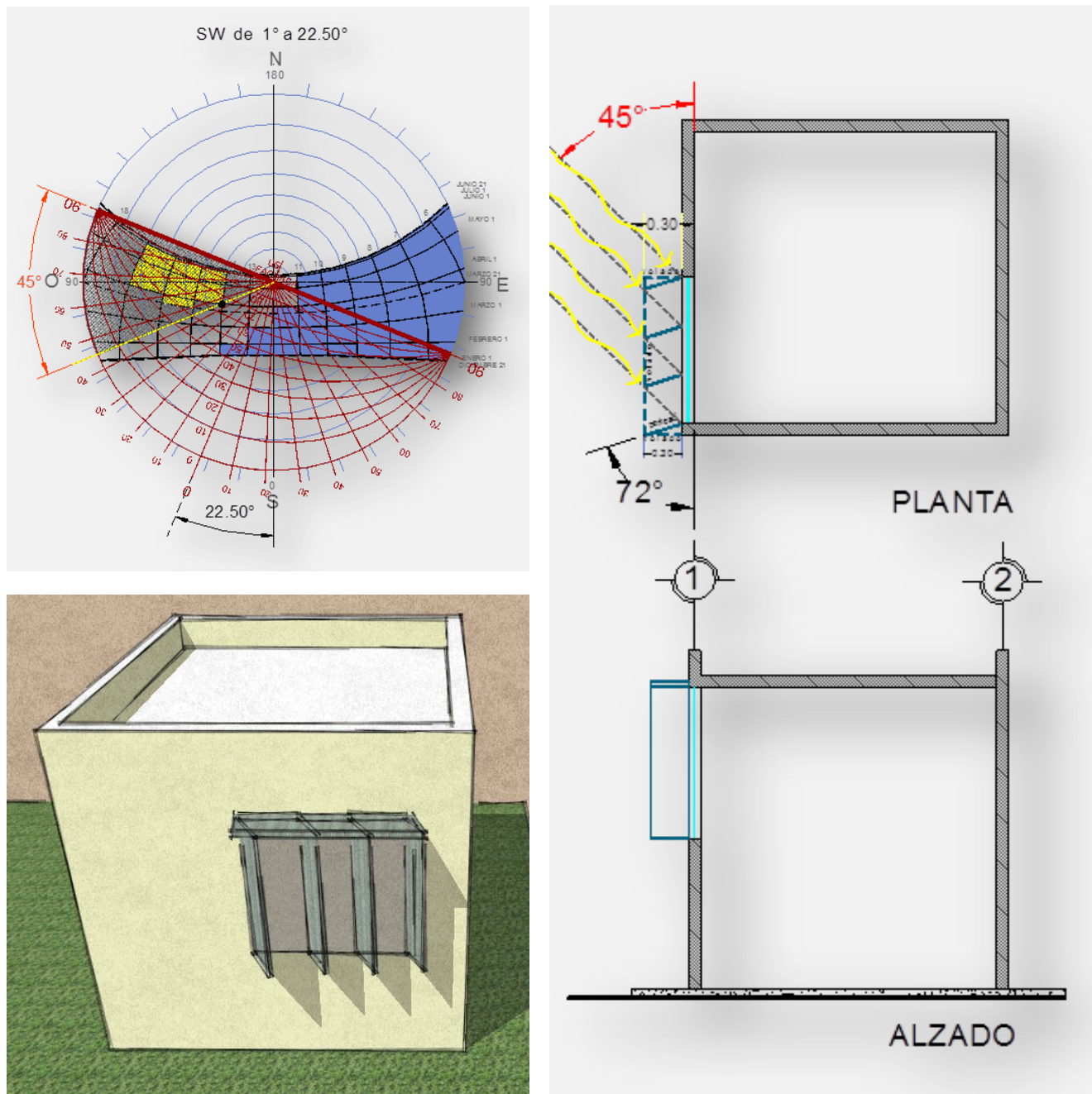


Figura 142. Diseño óptimo de dispositivo de control solar. Fuente: Autor. Programas: AutoCad y SketchUp.

7.5.9 ORIENTACIÓN SUR

En las fachadas orientadas al sur, el dispositivo de control solar óptimo es un volado que se complementa con un partesol para un mejor control solar (figura 143)

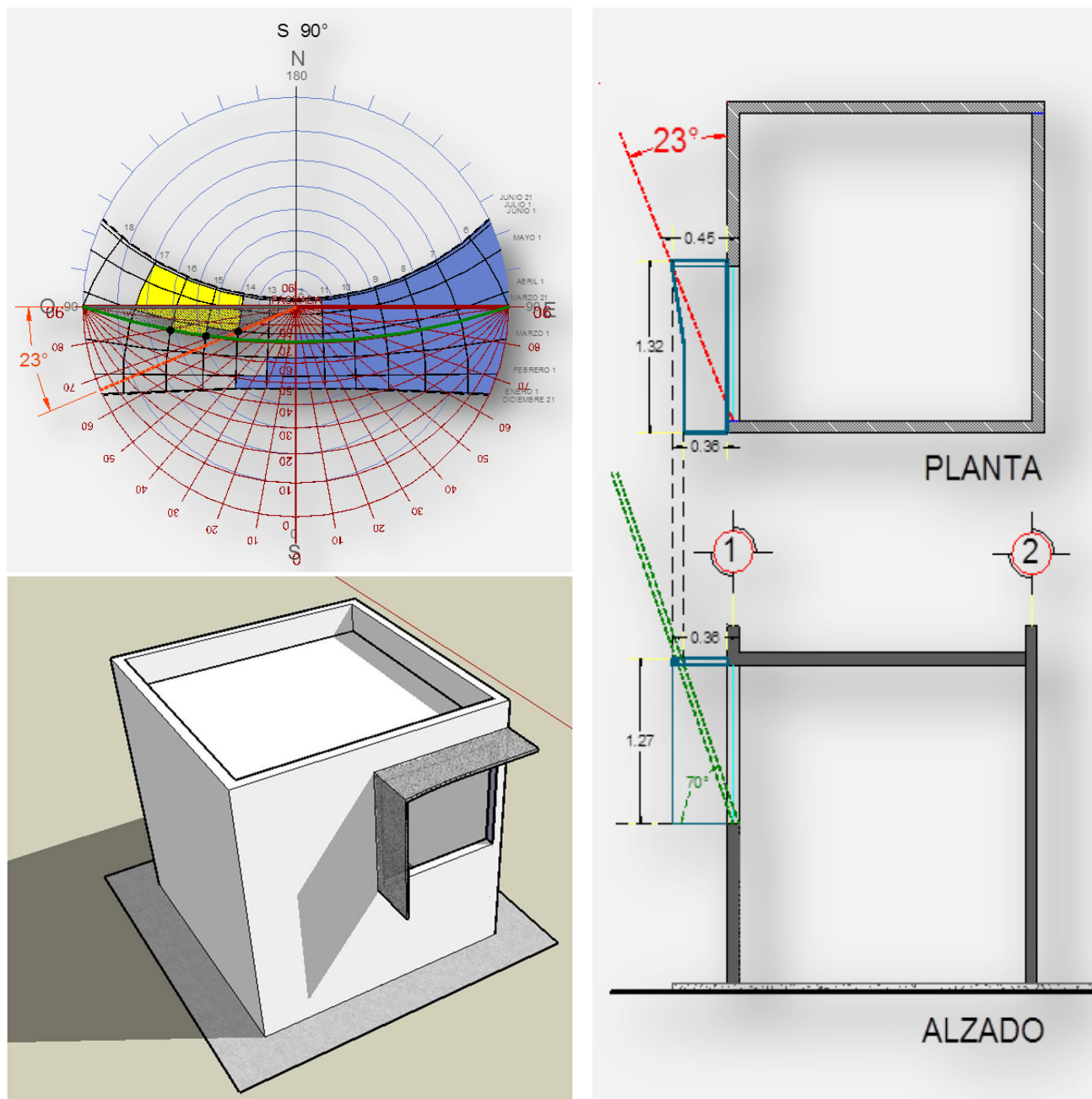


Figura 143. Diseño óptimo de dispositivo de control solar. Fuente: Autor. Programas: AutoCad y SketchUp.

GUÍA DE DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

7.5.10 ORIENTACION ESTE

Para las aberturas orientadas al este es conveniente permitir el acceso solar ya que en las primeras horas de la mañana no se presentan condiciones de sobrecalentamiento.

7.6 PROYECCIONES ESTEREOGRÁFICAS Y DATOS HORARIOS DE LAS CIUDADES QUE PRESENTAN MAYOR CONSUMO ENERGÉTICO EN MÉXICO.

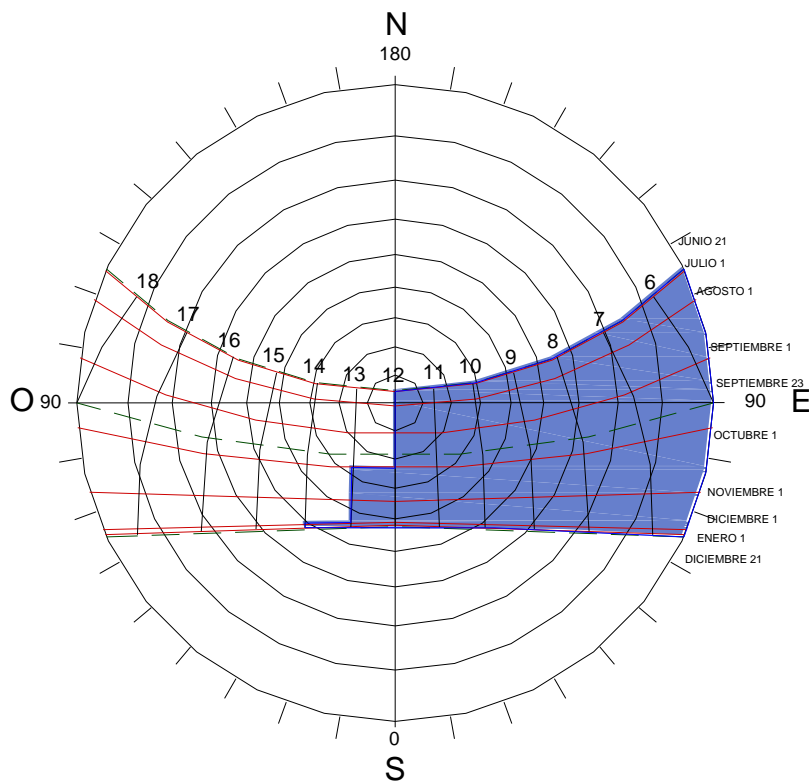
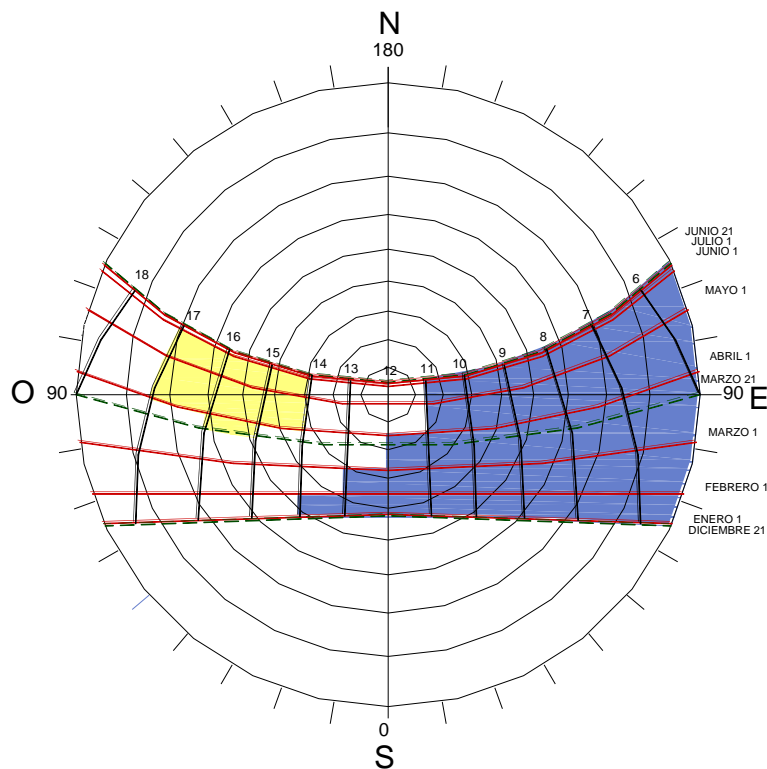
De acuerdo con la información oficial proporcionada por CFE, localidades como: **Jalisco, Baja California, Coahuila, Distrito Federal, Nuevo León, Chihuahua, Guanajuato, Sonora y Veracruz**, son las entidades que presentan mayor consumo energético a causa principalmente del excesivo uso de aparatos tales como: ventiladores, aire acondicionado, calefacción, etc.; lo cual repercute en la economía de la población, ya que a pesar de que en la mayoría de las localidades mencionadas existe un subsidio por el servicio eléctrico, la mayor parte de los consumidores tienen que considerar un alto porcentaje de sus ingresos para cubrir la demanda eléctrica que ello les genera.

Es por ello que se presentan a continuación las gráficas solares de las proyecciones estereográficas con las latitudes y datos horarios de estas ciudades, con la finalidad de que se utilicen como herramienta para propuestas de soluciones bioclimáticas mediante el diseño de dispositivos de control solar óptimos siguiendo la metodología que se detalló anteriormente en esta guía de diseño.

Para obtener las gráficas solares de todas las latitudes de la República Mexicana se sugiere consultar el libro “Manual de Arquitectura Solar” (GARCÍA CHÁVEZ, et al.,2011).

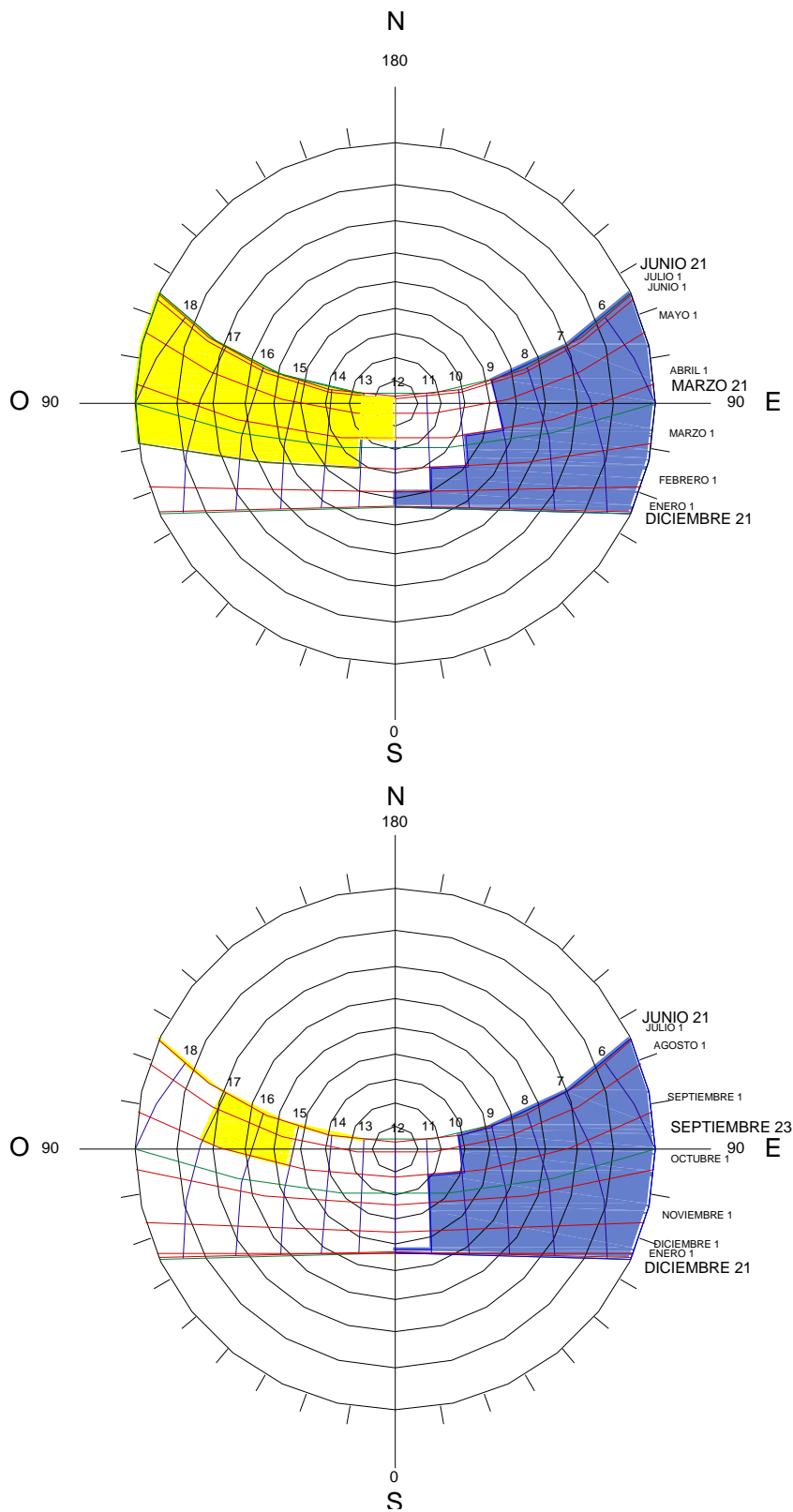
GRÁFICA SOLAR 19°

PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA D.F., MÉXICO

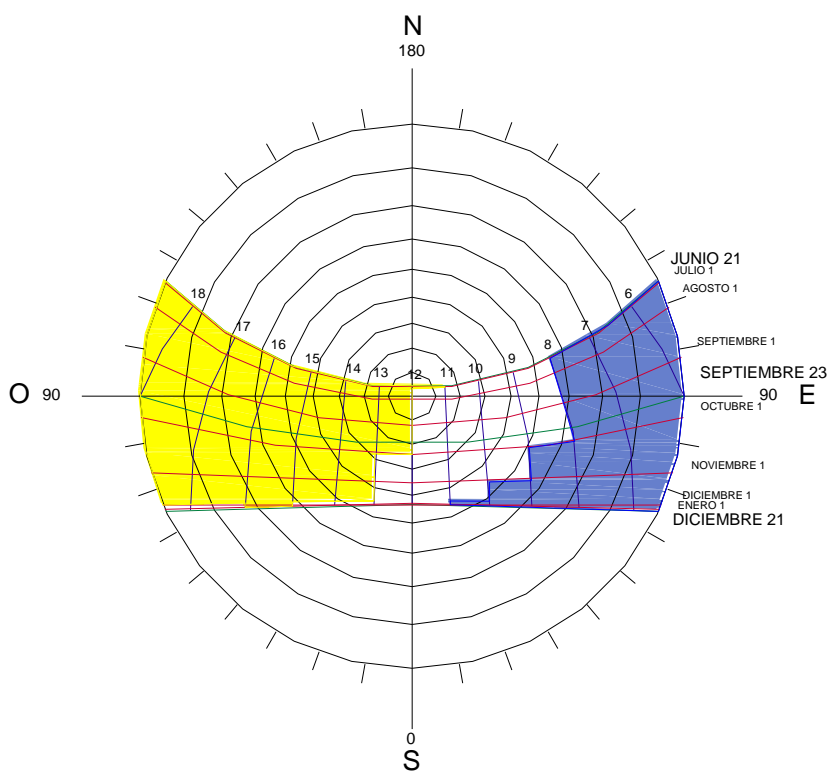
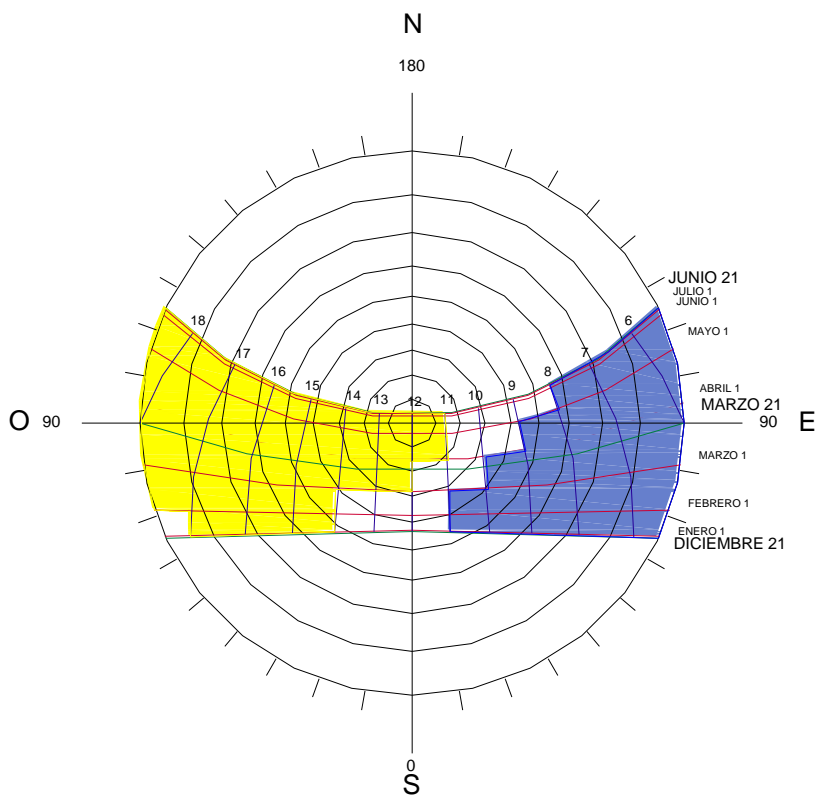


GUÍA DE DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

GRÁFICA SOLAR 20° PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA GUADALAJARA, JALISCO

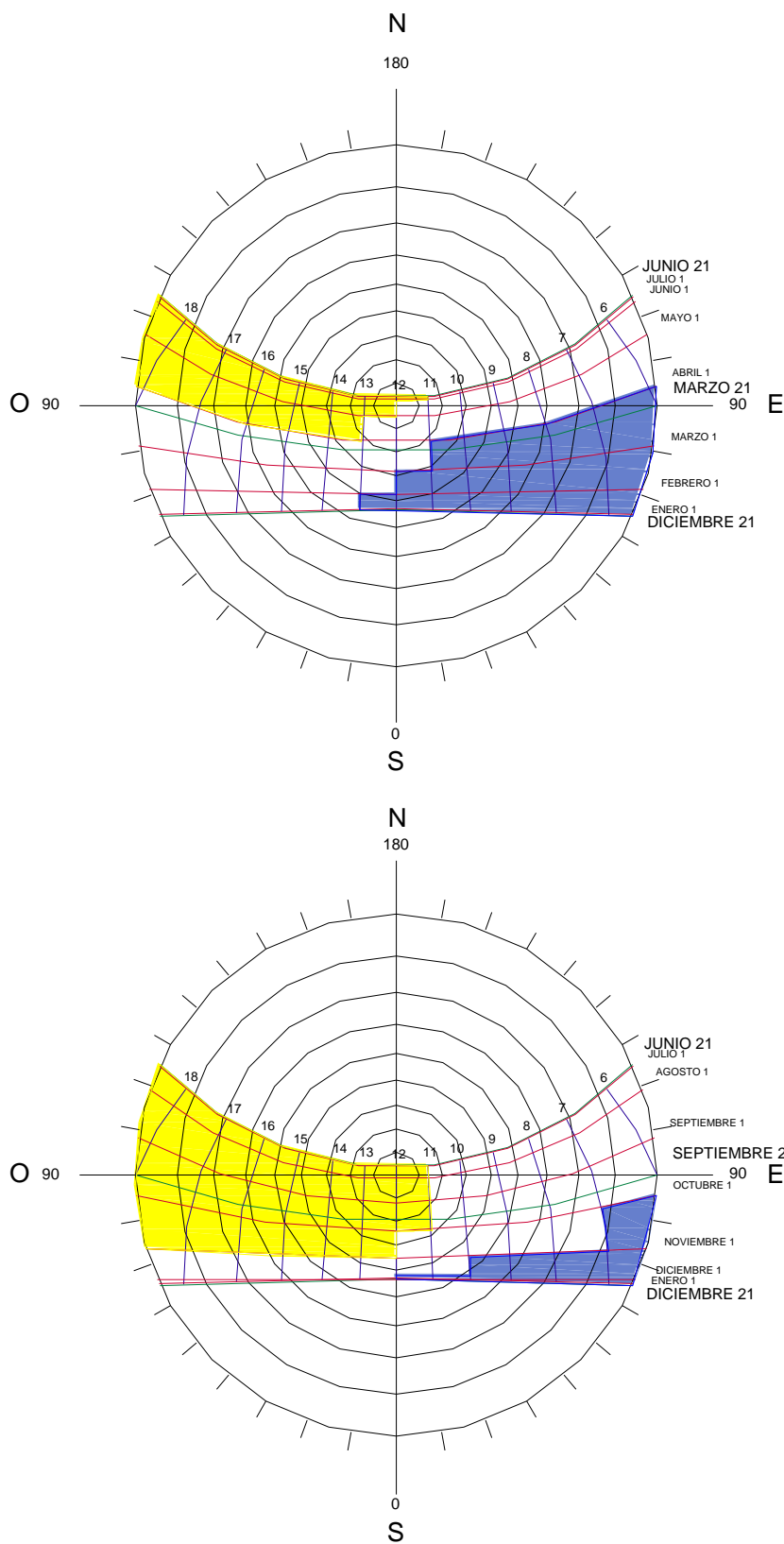


GRÁFICA SOLAR 20° PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA MÉRIDA, YUCATÁN

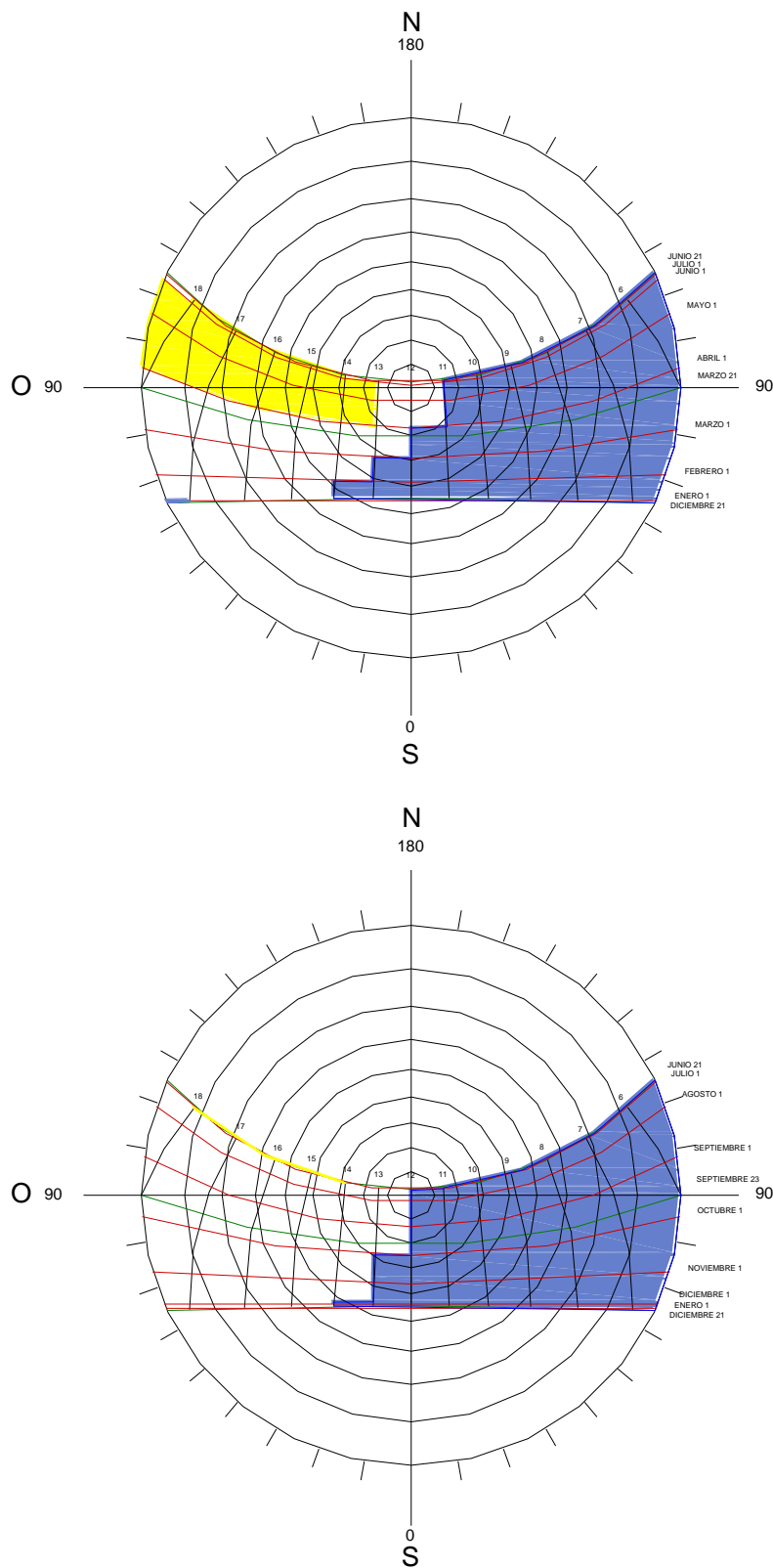


GUÍA DE DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

GRÁFICA SOLAR 20° PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA VERACRUZ



GRÁFICA SOLAR 21° PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA GUANAJUATO

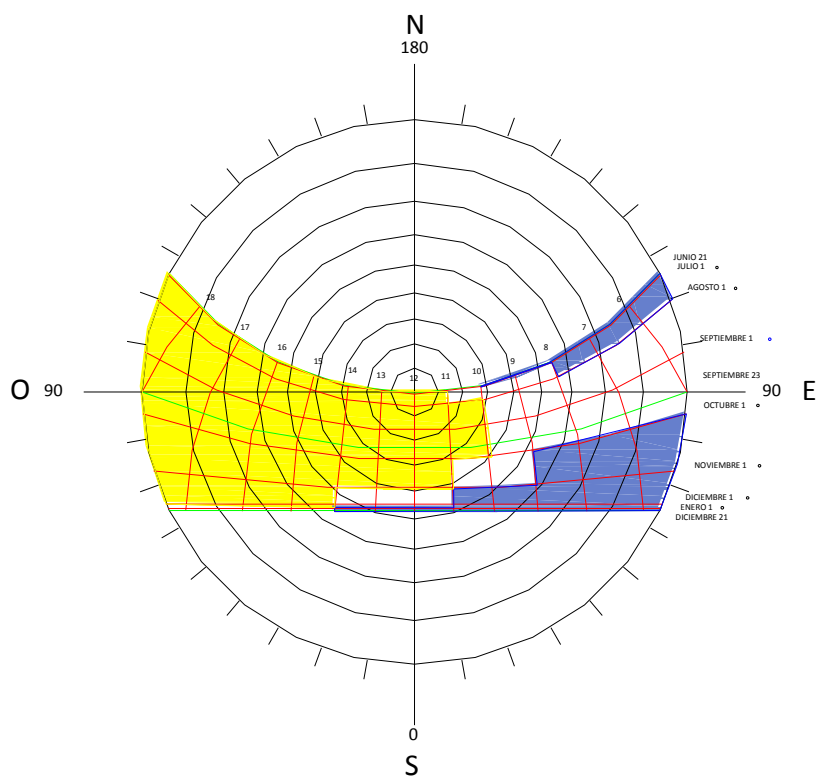
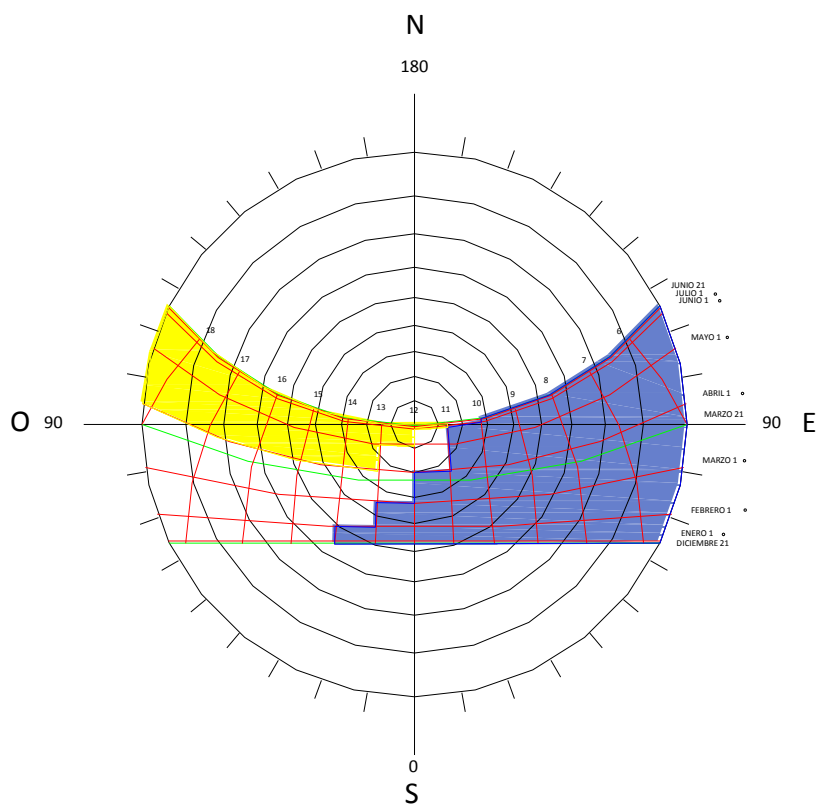


GUÍA DE DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

GRÁFICA SOLAR 24°

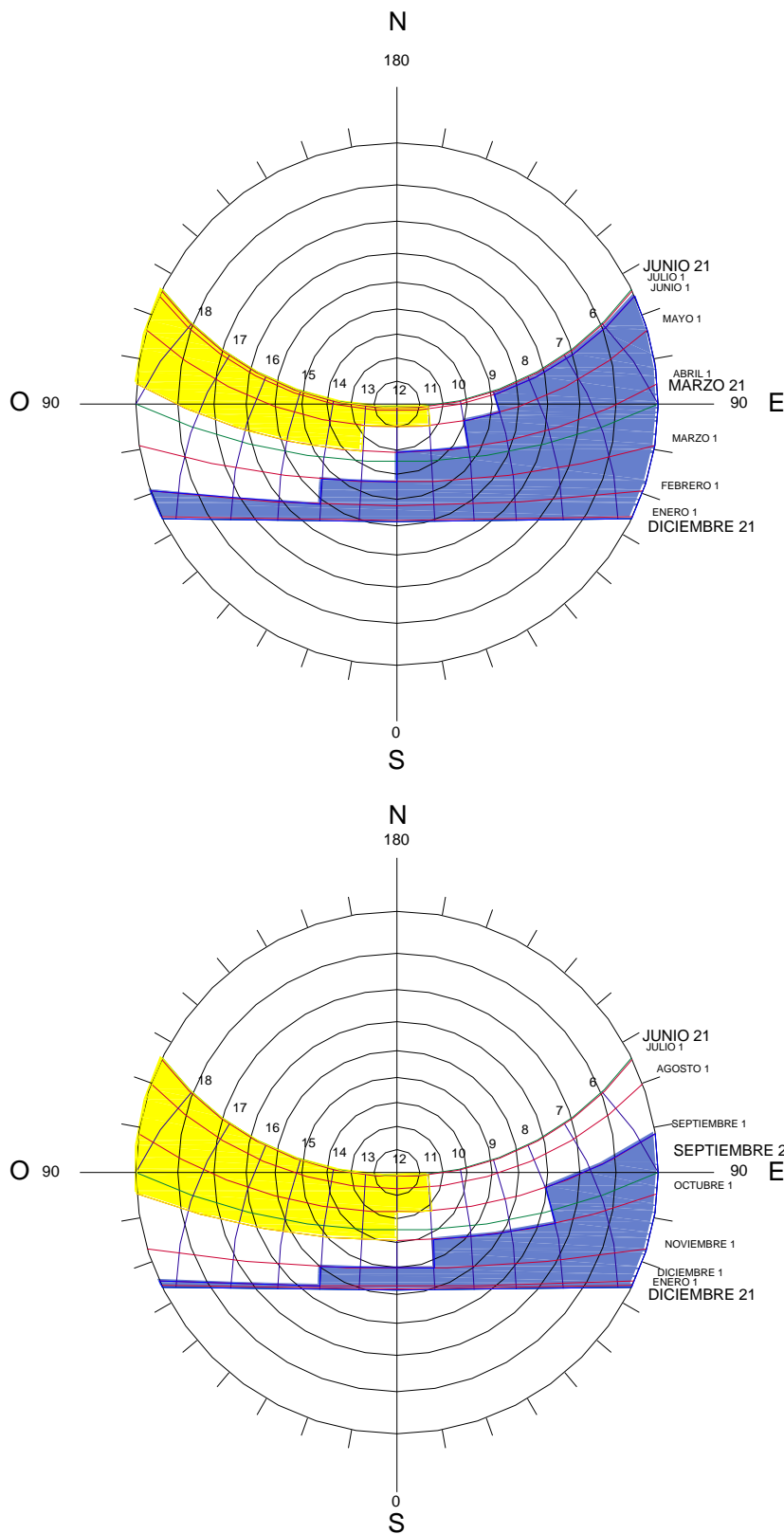
PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA

LA PAZ, B.C.



GRÁFICA SOLAR 25°

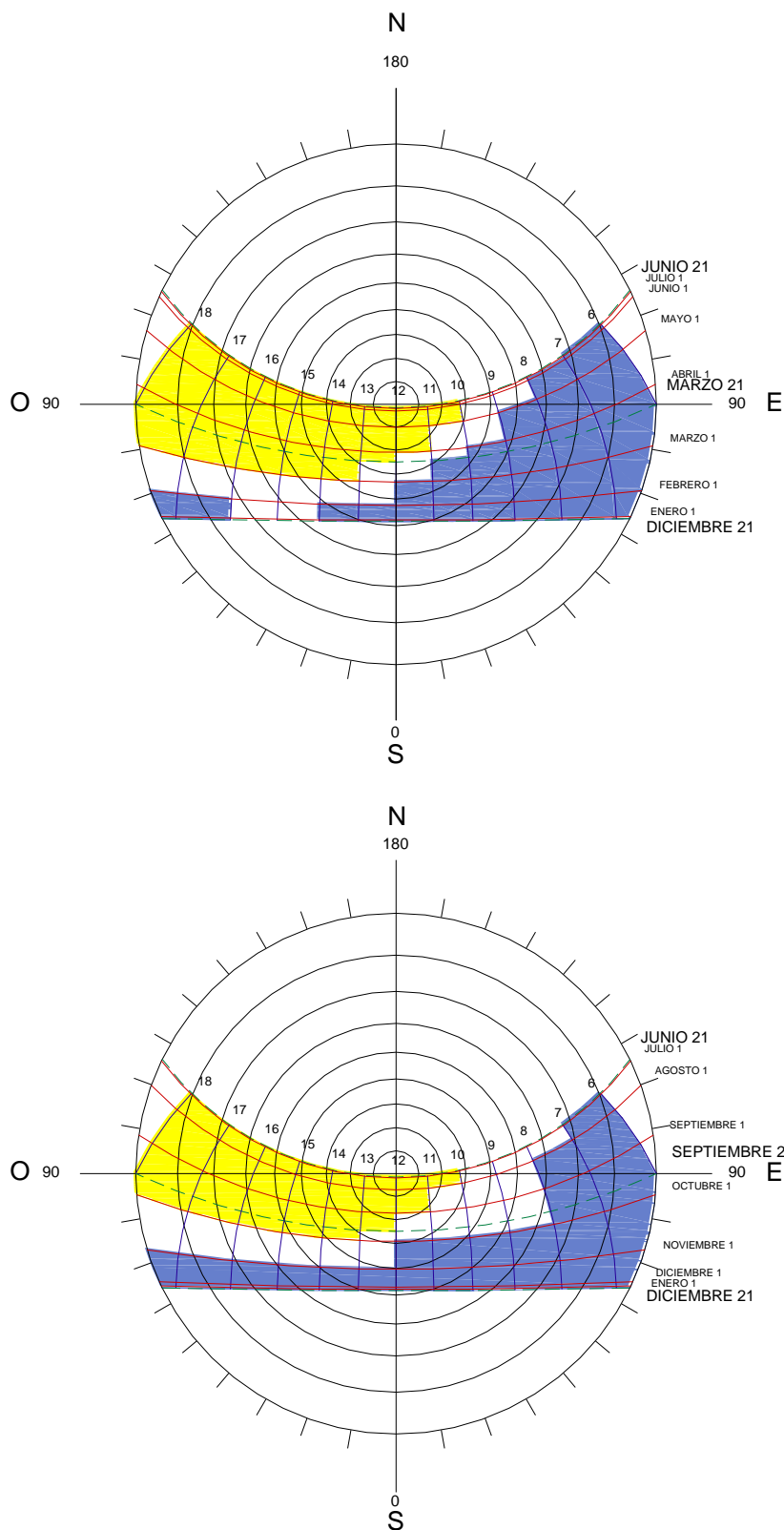
PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
NUEVO LEÓN, MTY



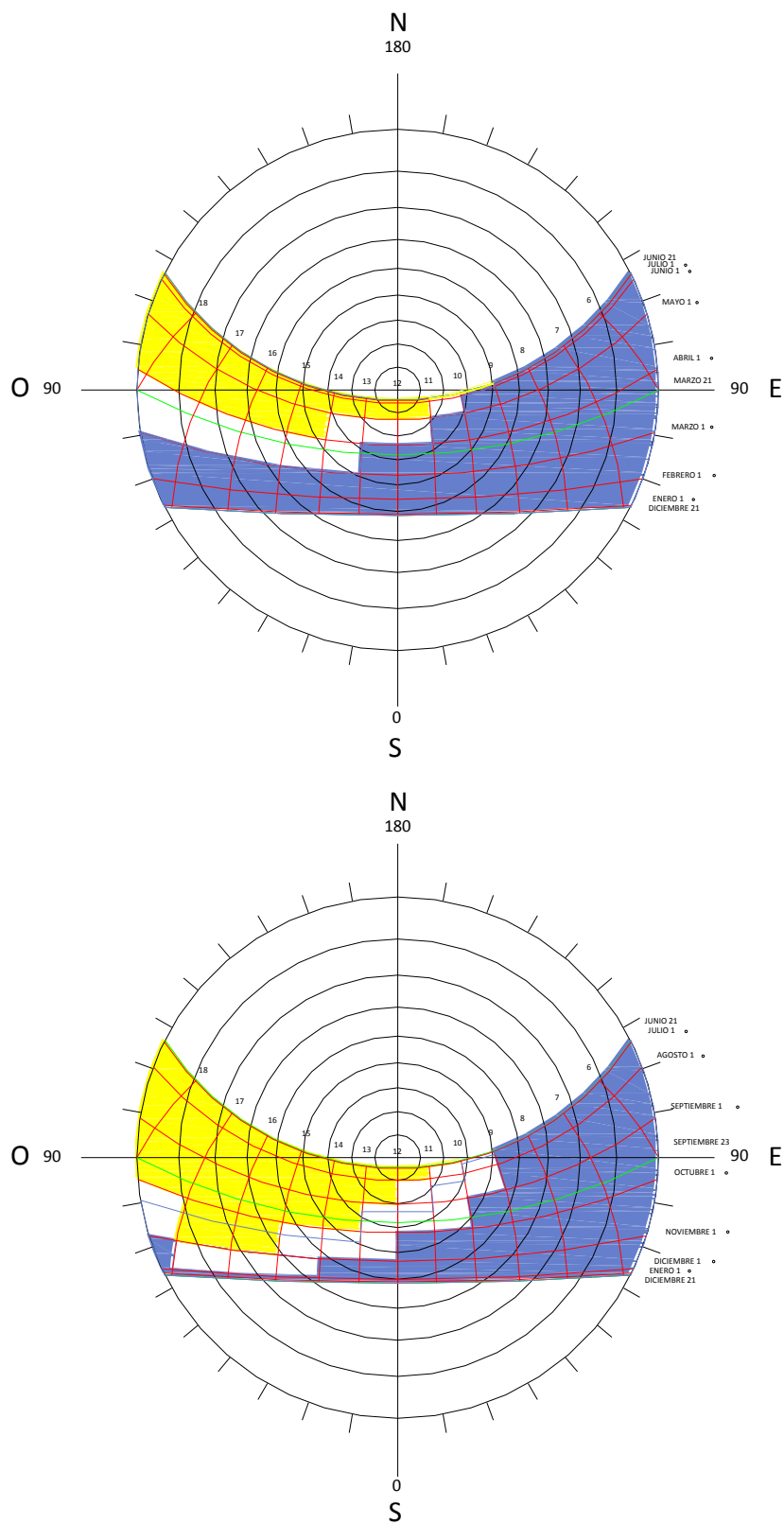
GUÍA DE DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

GRÁFICA SOLAR 25°

PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
TORREÓN, COAHUILA

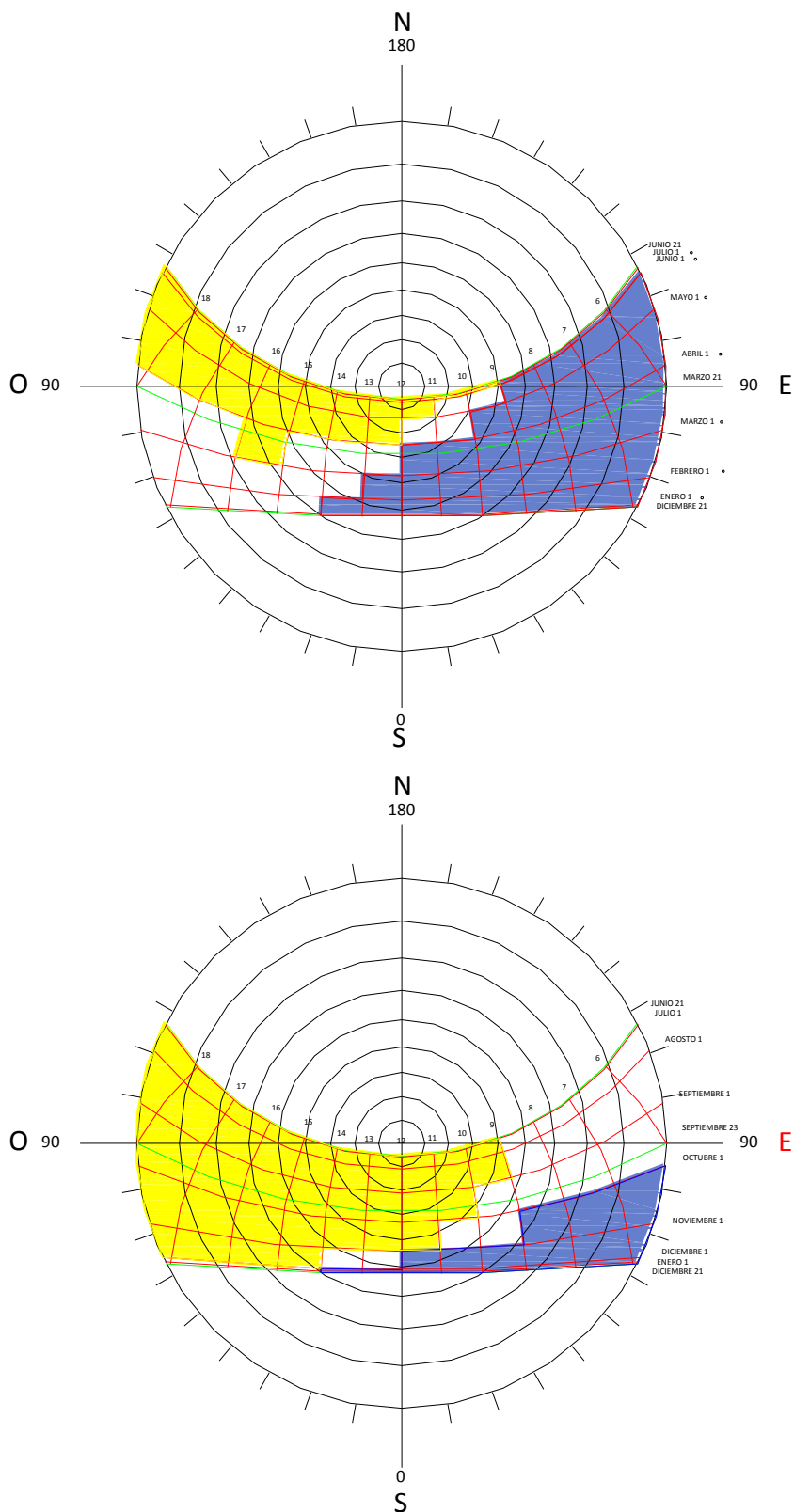


GRÁFICA SOLAR 28° PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA CHIHUAHUA

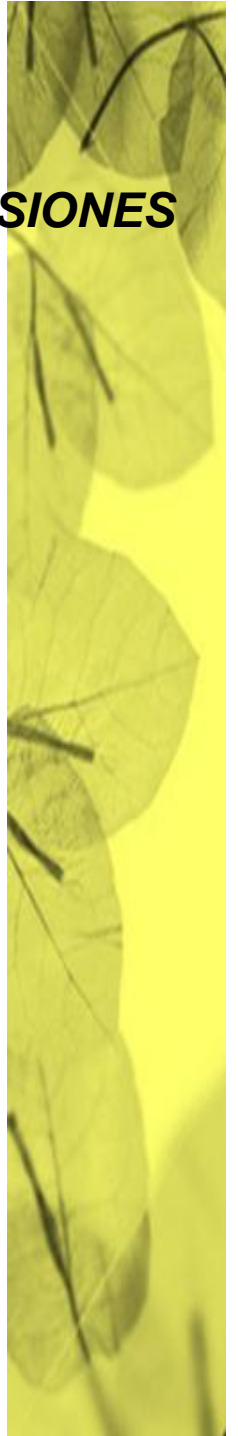


GUÍA DE DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

GRÁFICA SOLAR 29° PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA HERMOSILLO, SONORA



CONCLUSIONES



CONCLUSIONES GENERALES

El acelerado crecimiento demográfico e industrial, la falta de estrategias de planeación y manejo, así como el poco conocimiento del valor ambiental, ecológico y socioeconómico de los ecosistemas, han sido la principal causa de serios problemas de contaminación e impacto ambiental, así como la pérdida de valiosos recursos naturales y económicos.

Hasta hace poco, en el desarrollo urbano-habitacional de la ciudad México no se consideraba esencial el cuidado y protección del medio ambiente, ni las medidas de control y eficiencia energética, lo que propició el inmoderado crecimiento urbanístico en la mayor parte del país. Los efectos negativos que hoy se aprecian no se pueden atribuir a cierto grupo de personas o industrias, no se trata de culpar a alguien de los resultados, sino analizar y proponer alternativas que contribuyan a contrarrestar esta situación, entre las que destacan las referentes al ámbito de planeación, diseño y construcción de la vivienda en México.

Es por ello que el adecuado conocimiento del equilibrio entre los factores ambientales y el diseño arquitectónico, respecto de los requerimientos generales del ser humano, puede contribuir a que cada espacio alcance la funcionalidad no solo constructiva sino productiva para la que fue diseñado.

Aspectos tales como la localización, la envolvente, los materiales, el equipamiento, son elementos que se definen en la etapa de diseño y se mantendrán a lo largo de toda la vida útil del inmueble, determinando su comportamiento energético y su costo de

operación. Ahorrar para poder hacer posible el proyecto de un inmueble puede resultar en altos costos para quien lo ocupará.

Retomar, en cambio, elementos de diseño que hacen a los edificios menos dependientes de la energía disponible nos ayudará a desarrollar proyectos con un menor impacto ambiental y menores costos de operación.

Desarrollar tecnologías y sistemas de vida y trabajo que ahorren energía es lo más importante para lograr un auténtico desarrollo, que se pueda llamar sustentable.

Tomando en cuenta los beneficios ambientales, económicos y de confort que el ahorro energético genera, es de suma importancia establecer programas que permitan a los sectores involucrados, contar con la información y las herramientas necesarias para la aplicación de consideraciones bioclimáticas que conlleven a lograr un significativo cambio en los procesos de planeación, diseño y construcción en México.

Como resultado de este trabajo de investigación se pudo comprobar que, a pesar de que en la Ciudad de México generalmente se registran condiciones de clima templado, un ambiente interior no controlado adecuadamente puede llegar a presentar condiciones térmicas de sobrecalentamiento, lo que se ve reflejado en la mayoría de los desarrollos habitacionales en los que no han sido consideradas las estrategias básicas de diseño bioclimático.

Es esencial que las propuestas de diseño bioclimático y los dispositivos de control solar se basen en un análisis climático previo y de requerimientos específicos para cada

localidad. Con ello se obtendrán alternativas y soluciones óptimas para lograr confort higrotérmico, lo que permite contribuir a un diseño bioclimático funcional y eficiente.

Aunque lo ideal es considerar estas alternativas desde la concepción de los proyectos, algunas de éstas pueden plantearse también como medidas correctivas para coadyuvar al ahorro energético en el sector vivienda existente. Éste el caso de las pruebas realizadas en este trabajo, mismas que demuestran las diferencias térmicas que se pueden lograr a partir de una estrategia bioclimática aplicada correctamente, basada en el óptimo control de ganancias solares en las horas críticas de sobrecalentamiento, lo cual influye en el control térmico del interior de espacio mejorando con ello el confort.

Con ese fin, se realizó la guía de diseño de dispositivos de control solar recomendados para la Ciudad de México, diseñados para cada orientación a partir del análisis de requerimientos de control de ganancias solares (capítulo 7). Esta guía nos indica la manera en que se puede diseñar un dispositivo óptimo, dependiendo de la localidad, la orientación y los datos horarios de temperatura de ésta. Ello servirá de referencia para realizar el diseño del dispositivo que se requiera en determinada orientación de la localidad.

Se presentan también las gráficas estereográficas de las latitudes y datos horarios correspondientes de las localidades que, según los datos obtenidos del INEGI, son las que presentan mayor consumo energético debido en gran parte, al uso de sistemas mecánicos de control climático. Por lo anterior, utilizar esta guía para determinar un dispositivo de control solar óptimo en la orientación requerida, será una aportación esencial para contrarrestar el alto consumo energético.

REFERENCIAS

1. Benavente, Saavedra R. *Arquitectura y naturaleza*. Disponible en: www.arqhys.com/contenidos/arquitectura-naturaleza.html (consultado 10 agosto 2009).
2. Benevolo, Leonardo. *Historia de la arquitectura moderna*. España: Gustavo Gili, 1977.
3. Butti, K y Perlin, J. *Un hilo dorado: 2 500 años de arquitectura y tecnología solar*. Madrid: H. Blume, 1985.
4. Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero. México: COMEGEI, 2010 Disponible en: http://cambio_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/comegei.html.
5. De Hoyos, C Gilberto. *Cuadrantes solares*. México, UAM-Azcapotzalco, 1985.
6. Energy Information Administration (EIA). *Situación de la energía en el mundo, Europa y España*. Febrero 2006. Disponible en: www.energiasrenovables.ciemat.es/especiales/energia/index.htm#subir.
7. Ferreiro, Héctor. *Geometría solar*. México, Universidad Iberoamericana, 1985.
8. García Chávez, JR y Fuentes, V. *Arquitectura y medio ambiente en la Ciudad de México*. México, Sans Serif-UAM, 2000.
9. García, José Roberto. *Diseño bioclimático para ahorro de energía y confort ambiental integral*. México, UAM, 1996.
10. García Chávez, JR, comp. *Desarrollo sustentable en el hábitat construido*. México, UAM, 1998.
11. García Chávez, JR, comp. *Hacia una arquitectura ecológica y sustentable*. México, UAM, 2000.
12. González Couret, D. "Apuntes sobre arquitectura bioclimática". En *Energía y tú Revista científico-popular*. 2003;22. Disponible en: <file:///C:/Users/Angy/Downloads/.ptmp301693/Energia22/HTML/Articulo07.htm> (consultado 4 junio 2009)

13. INEGI. *Resultados preliminares de los Estados Unidos Mexicanos. Censo de población y vivienda 2010*. México: INEGI. Disponible en: www.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Preliminares2010.aspx.
14. Olgyay, A, Olgyay, V. *Control Solar and Shading Devices*. EUA, Princeton, 1976.
15. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Riesgos del ambiente humano para la salud*. Traducción del original en inglés, publicado por la. Ginebra: OMS, 1973.
16. Paralelo36. *Crece el consumo de energía en el mundo*. Andalucía: P36, 13 de junio de 2011. Disponible en: www.paralelo36andalucia.com/crece-el-consumo-de-energia-en-el-mundo/.
17. Puppo, Ernesto/Giorgio. *Acondicionamiento natural y arquitectura*. **Barcelon**, Marcombo Boixareu, 1972.
18. Rodríguez, Manuel, et al. *Introducción a la arquitectura bioclimática*. México, Limusa, 2001.
19. Roger, Camous, et al. *El hábitat bioclimático. De la concepción a la construcción*. México: Gustavo Gili (Colección Alternativas), 1986.
20. SENER. *Comunicado 75 de*. México DF, publicado el 23 de diciembre de 2009, última actualización junio de 2010. Disponible en: www.sener.gob.mx/webSener/portal/Default.aspx?id=1070.
21. SENER. *Secretaría de Energía*, 2011. Disponible en: www.energia.gob.mx/res/1791/Balance_Nacional_2009.pdf.
22. Sistema Meteorológico Nacional. *Clima en México*. México: Sistema Meteorológico Nacional, 2010. Disponible en: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=80.
23. Sokolay, Steven. *Energía solar y edificación*. Bracelona: Blume, 1978.
24. USDOE. (2005) *International Energy Outlook 2005. Energy Information Administration*. EUA: Office of Integrated Analysis and Forecasting, US Department of Energy. Disponible en: [www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484\(2005\).pdf](http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484(2005).pdf).
25. WIKIPEDIA. *Efecto invernadero*. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_invernadero#cite_note-Legoett1-9 (consultado febrero 2010).

REFERENCIAS DE INTERNET

1. <http://espaciociencia.com/esfera-celeste/>
2. www.anes.org/anes/formularios/Descargas/PRONASE.pdf
3. www.arqhys.com/contenidos/arquitectura-naturaleza.html
4. www.ciemat.es/
5. www.cfe.gob.mx/es/
6. www.cfe.gob.mx/QUIENESSOMOS/ESTADISTICAS/Paginas/Clientes.aspx
7. www.conae.gob.mx
8. www.conuee.gob.mx
9. www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia22/HTML/articulo07.htm
10. www.energiasrenovables.ciemat.es/especiales/energia/index.htm
11. www.inegi.org.mx
12. www.learn.londonmet.ac.uk/packages/euleb/es/glossary/index7.html
13. www.paralelo36andalucia.com
14. www.sener.gob.mx/res/380/Cifras_relevantes_May_11.pdf

BIBLIOGRAFÍA

1. AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTURE. *La casa pasiva: clima y ahorro energético*. Madrid: H. Blume, 1984.
2. BANHAM, Rayner. *Arquitectura del entorno bien climatizado*. Bs As: Infinito, 1975.
3. BARDOU, P. *Sol y arquitectura*. Gustavo Gili, 1980.
4. BUTTI, K. y Perlin, J. *Un hilo dorado: 2 500 años de arquitectura y tecnología solar*. Madrid: H. Blume, 1985.
5. FUENTES Freixanet, Víctor A. *Clima y Arquitectura*. UAM, México, 2004.
6. GARCÍA Chávez, JR. y Fuentes, V. *Arquitectura y medio ambiente en la Ciudad de México*. México, Sans Serif-UAM, 2000.
7. GARCÍA Chávez, JR, comp. *Desarrollo sustentable en el hábitat construido*. México, UAM, 1998.
8. GARCÍA, José Roberto. *Diseño bioclimático para ahorro de energía y confort ambiental integral*. México, UAM, 1996.
9. GARCÍA Chávez, JR, comp. *Hacia una arquitectura ecológica y sustentable*. México, UAM, 2000.
10. GARCÍA, José Roberto, et al. *Manual de arquitectura solar*. México: Trillas, 1990.
11. KING, Delia. *Acondicionamiento bioclimático*. México, UAM-Xochimilco, 1994.
12. OLGAY, Aladar & Victor. *Solar Control and Shading Devices*. New Jersey: Princeton University Press, 1957.
13. OLGAY, Víctor. *Design with climate*. New Jewrsey: Princeton University Press, 1963.

14. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Riesgos del ambiente humano para la salud*. Traducción del original en inglés publicado por la OMS. Ginebra, OMS, 1973.
15. PROY-NOM-020-ENER. *Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios para uso habitacional*.
16. PROY-NOM-080-ENER. *Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios para uso no habitacional*.
17. PUPPO, Ernesto / Giorgio, *Acondicionamiento natural y arquitectura*. Barcelona, Boixareu Editores, 1972.
18. RAMÓN, F. *Ropa, Sudor y arquitectura*. Barcelona, Blume, 1980.
19. REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL DISTRITO FEDERAL.
20. RODRÍGUEZ, Manuel. et al. *Introducción a la arquitectura bioclimática*. México, Limusa, 2001.
21. ROGER, Camous, et al. *El hábitat bioclimático. De la concepción a la construcción*. México, Gustavo Gili, México (Colección Alternativas), 1986.

ANEXO I
Análisis energético del espacio experimental



ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL ESPACIO EXPERIMENTAL DURANTE DÍA Y HORA CRÍTICO DE SOBRECALENTAMIENTO.

Con base en las características de las propuestas aplicadas en las pruebas experimentales se realizó un análisis energético del espacio experimental durante el día y hora crítico de sobrecalentamiento con el objetivo de conocer las ganancias solares, energéticas y por conducción en cada fachada debido a que son los factores que influyen en el incremento o pérdida temperatura al interior del módulo, lo que permitirá conocer la eficiencia de los sistemas de control solar.

A.1 ANÁLISIS ENERGÉTICO

Para controlar las condiciones térmicas en un espacio interior se deben analizar los flujos de energía de la estructura, los cuales consisten en: ganancias solares e internas, ganancias o pérdidas por conducción, ventilación, sistemas mecánicos y pérdidas por enfriamiento evaporativo, cuando la suma de estos flujos es igual a cero se puede decir que existe balance térmico.

A.1.1 Datos para análisis energético

Para llevar a cabo el análisis energético se consideró como día y hora crítica de sobrecalentamiento la fecha: 17 de marzo de 2011 a las 15hrs. En la que se registró una temperatura al interior del módulo de 27.5 °C.

ANEXO 1. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL ESPACIO EXPERIMENTAL

Las características de materiales, medidas y orientaciones del espacio que se analizó son las mismas que las de los módulos de prueba (módulo de control y módulo con dispositivo de control solar sur), con la única variante en las ventanas, ya que para el caso de este análisis se consideró vidrio sencillo de 3mm en lugar de abertura sin vidrio con el fin de conocer las ganancias que se obtienen en un espacio común, en el que el vidrio genera un efecto invernadero.

LOCALIZACIÓN

Ciudad:	Ciudad de México	
Estado	D.F.	
Latitud	19°24'	grados
Longitud:	99°12'	grados
Latitud:	19.40	decimal
Longitud:	99.20	decimal
Altitud:	2308	msnm

CONDICIONES CLIMÁTICAS

Temperatura media mensual	18.1	°C
Temperatura horaria	24.7	°C
Temperatura neutra mensual	23.2	°C
Límite superior de confort	25.7	°C
Límite inferior de confort	20.7	°C
Temperatura interior	27.5	°C
Velocidad del viento	1.5	m/s
Dirección del viento:	N	
Radiación Solar Máxima Total (12 hr)	664	W/m ²
Radiación Solar Horaria	1015	W/m ²

Nota: El valor de la temperatura interior fue el obtenido durante la prueba experimental el día y la hora correspondientes.

ANEXO 1. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL ESPACIO EXPERIMENTAL

Datos a considerar para el análisis:

DATOS PARA CÁLCULO

Fecha de Diseño	17	Día
Fecha de Diseño	3	Mes
Día número:	76	Día consecutivo
Hora:	15	h
Ángulo horario:	-45	

DATOS DEL LOCAL

Largo	2.6	m
Ancho	2.6	m
Alto	2.6	m
Área	6.76	m ²
Volúmen	14.53	m ³

DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS

Elementos	Área (m ²)	Asoleado (%)	Área Asoleada (m ²)	Área total (m ²)
Losa	5.26	100%	5.26	5.26
Muro Norte	6.6	0%	0.00	25.00
Muro Este	6.6	0%	0.00	
Muro Sur	5.2	100%	5.20	
Muro Oeste	6.6	100%	6.60	
Ventana Sur sin dispositivo	1.4	100%	1.40	1.40
Ventana Sur con dispositivo	1.4	2.85%	0.04	0.04
Muro Sur con dispositivo	5.2	91.5%	4.76	4.76

Para determinar el área asoleada del muro y ventana con dispositivo se proyectaron las áreas de sombreado del día y la hora de análisis en planta y alzado las cuales sirvieron para determinar el porcentaje de área asoleada (fig. A-1)

ANEXO 1. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL ESPACIO EXPERIMENTAL

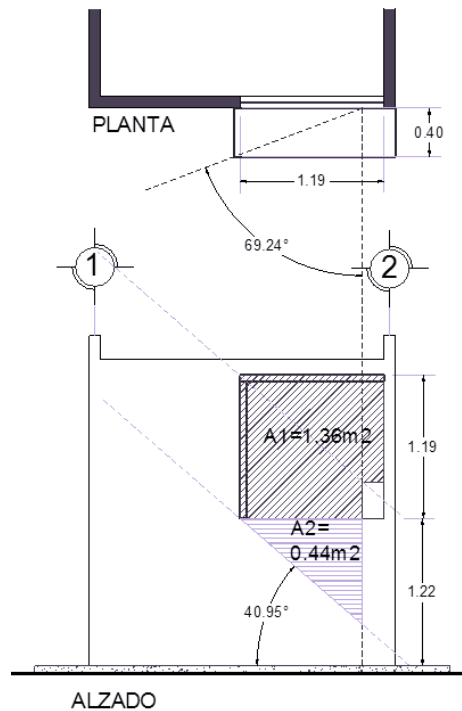


Figura A-1. Proyección de sombras en planta (arriba) y alzado (abajo).

Donde,

$A1 = 1.36 \text{ m}^2$ (área sombreada en ventana)

$A2 = 0.44 \text{ m}^2$ (área sombrada en muro sur)

Características de los materiales constructivos:

Muros.

	Espesor (m) b	Conductividad (W/m °C) k
Aplanado exterior mortero	0.030	0.72
Panel covintec	0.076	0.035
Aplanado interior mortero	0.030	0.72

Absortancia..... $\alpha = 0.30$

ANEXO 1. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL ESPACIO EXPERIMENTAL

Admitancia..... $\Psi = 0.44$

Conductancia superficial interior..... $f_i = 8.13 \text{ (W/m } ^\circ\text{C)}$

Conductancia superficial exterior..... $f_e = 10.93 + 4.1v$
 $f_e = 17.08 \text{ (W/m } ^\circ\text{C)}$

Resistencia total:

$R = (1/8.13) + (0.03/0.72) + (0.076/0.04) + (0.03/0.72) + (1/17.08)$
 $R = 2.43 \text{ (m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W)}$

Coefficiente de transmisión:

$U = 1/R = 0.41 \text{ (W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C)}$

Losa.

	Espesor (m) b	Conductividad (W/m $^\circ\text{C}$) k
Losa de concreto	0.08	0.72
Panel covintec	0.076	0.035
Aplanado interior de mortero	0.03	0.72

Absortancia..... $\alpha = 0.30$

Admitancia..... $\Psi = 0.43$

Conductancia superficial interior..... $f_i = 6.63 \text{ (W/m } ^\circ\text{C)}$

Conductancia superficial exterior..... $f_e = 10.93 + 4.1v$
 $f_e = 17.08 \text{ (W/m } ^\circ\text{C)}$

Resistencia total:

$R = (1/6.63) + (0.03/0.72) + (0.076/0.04) + (0.08/0.72) + (1/17.08)$
 $R = 2.53 \text{ (m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W)}$

Coefficiente de transmisión:

$U = 1/R = 0.39 \text{ (W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C)}$

ANEXO 1. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL ESPACIO EXPERIMENTAL

Ventana.

	Espesor (m) b	Conductividad (W/m °C) k
Vidrio	0.003	0.93

Absortancia..... $\alpha = 0.60$

Transmitancia..... $\tau = 0.86$

Reemisión..... $\varepsilon_l = 0.03$

Admitancia..... $\Psi = 11.92$

Reflectancia..... $\rho = 0.08$

Conductancia superficial interior..... $f_i = 8.13$ (W/m °C)

Conductancia superficial exterior..... $f_e = 10.93 + 4.1v$

$f_e = 17.08$ (W/m °C)

Resistencia total:

$$R = (1/8.13) + (0.003/0.93) + (1/17.08)$$

$$R = 0.184 \text{ (m}^2 \text{ °C/W)}$$

Coeficiente de transmisión:

$$U = 1/R = 5.41 \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$$

A.1.2 Energía solar incidente

Determinación de la energía radiante (G) para cada superficie.

Posición solar el 17 de marzo a las 15:00 hrs.

ÁNGULOS SOLARES

Declinación:	-2.02
Seno de la altura solar:	0.65
Atura solar:	40.91
Seno del Acimut:	0.35
Acimut (S-O):	69.24

ANEXO 1. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL ESPACIO EXPERIMENTAL

Orto	90.71	6.00
(decimal)	6.05	0.05
(grados)	6.03	0.03
Ocaso	89.29	17.00
(decimal)	17.95	0.95
(grados)	17.57	0.57
Duración del día	11.91	

ÁNGULOS DE INCIDENCIA

Para superficies verticales	Coseno	Ángulo
MURO NORTE	-0.27	105.54
MURO OESTE	0.71	45.04
MURO SUR	0.319	71.38
MURO ESTE	0.00	90.00
Para superficies horizontales		
LOSA		49.09

El cálculo de la energía solar incidente se obtiene con la siguiente ecuación:

Para superficies horizontales (losa) $G = I (\sin h)^{1/3}$

Para superficies verticales (muros) $G = I (\sin h)^{1/3} * \cos \theta$

Donde,

G= Energía solar incidente

I= Radiación solar horaria

h= Ángulo de altura solar

θ = Ángulo de incidencia de la orientación del elemento

Por lo tanto la energía solar incidente es:

G ₁ Losa	881.42	W/m2
G ₂ Muro Norte	0.00	W/m2
G ₃ Muro Oeste	622.87	W/m2
G ₄ Muro Sur	281.43	W/m3
G ₅ Muro Este	0.00	W/m2
G ₆ Ventana:	316.91	W/m2

ANEXO 1. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL ESPACIO EXPERIMENTAL

Los muros norte y este no reciben radiación solar en esta hora por lo tanto no aportan energía solar incidente. Por otro lado los elementos horizontales (losa) siempre serán los elementos con mayor energía solar incidente debido a que reciben radiación solar durante todo el día. El muro oeste es el elemento vertical más crítico en esta hora.

Para determinar la ganancia solar por elemento se aplica la siguiente ecuación:

$$Q_s = G * A * \alpha (U / fe)$$

Donde,

Q_s = Ganancia solar por elemento

G = Energía solar incidente

A = Área asoleada del elemento

α = Absortancia

U = Coeficiente de transmisión

fe = Conductancia superficial exterior

Obteniendo entonces para cada caso:

GANANCIA SOLAR POR ELEMENTOS OPACOS

Losa	32.14	Watts
Muro norte	0.00	Watts
Muro oeste	29.64	Watts
Muro sur sin dispositivo	10.55	Watts
Muro este	0.00	Watts
Qs TOTAL SIN DISPOSITIVO:	72.33	Watts

GANANCIA SOLAR POR ELEMENTOS OPACOS

Losa	32.14	Watts
Muro norte	0.00	Watts
Muro oeste	29.64	Watts
Muro sur con dispositivo	9.65	Watts
Muro este	0.00	Watts
Qs TOTAL CON DISPOSITIVO:	71.43	Watts

ANEXO 1. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL ESPACIO EXPERIMENTAL

A.1.3 Ganancia Internas

Las ganancias internas corresponden al flujo de energía derivado del calor que aportan las personas debido a su grado de actividad metabólico, a los sistemas artificiales y a los aparatos domésticos electro-mecánicos.

En este análisis no se consideran ganancias internas, debido a que en los módulos de prueba no presentaron ninguno de estos factores durante el periodo de medición.

A.1.4 Ganancia o pérdidas por conducción

La conducción de calor (Watts) a través de un elemento se obtiene con la siguiente fórmula:

$$Q_c = \Sigma(U * A) * \Delta t$$

Donde,

Q_c = Ganancia o pérdida por conducción

A = Área asoleada del elemento

U = Coeficiente de transmisión

Δt = Diferencial de la temperatura interior y la temperatura horaria

Con base en ello se determinó que las ganancias o pérdidas por conducción son:

GANANCIAS O PÉRDIDAS POR CONDUCCIÓN (Q_c):

LOSA	2.08	
MUROS	10.26	
VIDRIO	7.58	
TOTAL:	19.91	
Qc TOTAL SIN DISPOSITIVO:	55.76	Watts

GANANCIAS O PÉRDIDAS POR CONDUCCIÓN (Q_c):

LOSA	2.08	
MUROS	4.66	
VIDRIO	0.22	
TOTAL:	6.95	
Qc TOTAL CON DISPOSITIVO SUR:	19.47	Watts

ANEXO 1. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL ESPACIO EXPERIMENTAL

A.1.5 Ganancia o pérdidas por infiltración

Se refiere a la ventilación no intencional de magnitudes pequeñas, es decir, aquella que puede infiltrarse por las rendijas de ventanas y puertas. Para este caso se considera infiltración por ventana y se calcula con la siguiente ecuación:

$$V = 0.827 A \sqrt{\Delta p}$$

Donde,

V = Tasa de ventilación (m^3/s)

A = Área de aberturas de infiltración

Δp = Diferencia de presión entre el interior y el exterior (Pa)

Por lo tanto:

GANANCIAS O PERDIDAS POR INFILTRACIÓN (Q_v):

Suponiendo 4.80 ml de rendijas en el perímetro de la ventana, aproximadamente como área de infiltración	0.001	m2
P_v =	1.38	Pascales
Diferencia de Presión:	0.98	
V =	0.00	m3/s
Q_v TOTAL:	-2.75	Watts

A.1.6 Resumen de Análisis Energético

BALANCE TÉRMICO SIN DISPOSITIVO		
$Q_s+Q_i+Q_c+Q_v$ =	125.34	Watts
Flujo de energía calorífica	ganancia de calor	

BALANCE TÉRMICO CON DISPOSITIVO SUR		
$Q_s+Q_i+Q_c+Q_v$ =	88.16	Watts
Flujo de energía calorífica	ganancia de calor	

ANEXO 1. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL ESPACIO EXPERIMENTAL

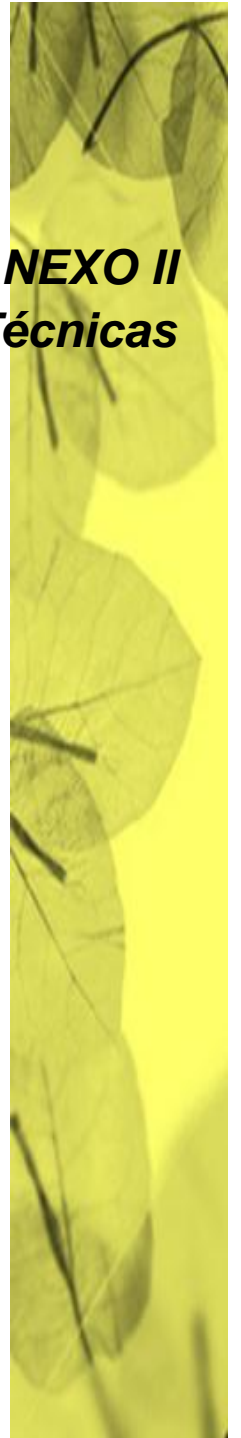
Con los resultados obtenidos del análisis energético presentado en este anexo, se puede comprobar que a pesar de que la ganancia crítica se obtiene en su mayoría por el oeste, el dispositivo sur influye en la disminución de ganancias energéticas cumpliendo el objetivo para el que se diseñó.

Es importante mencionar que el espacio experimental se ubica en un clima templado semifrío y en todos los casos las pruebas experimentales se realizaron bajo condiciones de aberturas con relación de 1 a 4 con respecto al área opaca y por lo tanto el efecto invernadero es mínimo o nulo.

ANEXO 1. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL ESPACIO EXPERIMENTAL

ANEXO II

Especificaciones Técnicas



EL-USB-2

Humidity, Temperature and Dew Point USB Data Logger

ORDERING INFORMATION

Standard Data Logger (Data Logger, Software on CD, Battery)	EL-USB-2
Replacement Battery	BAT 3V6 1/2AA

FEATURES

- 0 to 100%RH measurement range
- -35 to +80 °C (-31 to +176 °F) measurement range
- Dew point indication via Windows control software
- USB interface for set-up and data download
- User-programmable alarm thresholds for %RH & T
- Status indication via red and green LEDs
- Supplied with replaceable internal lithium battery and Windows control software
- Environmental protection to IP67



This standalone data logger measures and stores up to 16,382 relative humidity and 16,382 temperature readings over 0 to 100%RH and -35 to +80 °C (-31 to +176 °F) measurement ranges. The user can easily set up the logging rate and start-time, and download the stored data by plugging the data logger into a PC's USB port and running the purpose designed software under Windows 2000, XP and Vista (32-bit). Relative humidity, temperature and dew point (the temperature at which water vapor present in the air begins to condense) data can then be graphed, printed and exported to other applications. The data logger is supplied complete with a long-life lithium battery, which can typically allow logging for a year. Status indication is via flashing red and green LEDs. The logger is protected against ingress from water and dust to IP67 standard when the plastic cap and seal are fitted.

Specifications		Minimum	Typical	Maximum	Unit
Relative Humidity	Measurement range	0		100	%RH
	Repeatability (short term)		±0.1		%RH
	Accuracy (overall error)		±3.0*	±5.0	%RH
	Internal resolution		0.5		%RH
	Long term stability		0.5		%RH/yr
Temperature	Measurement range	-35 (-31)		+80 (+176)	°C (°F)
	Repeatability		±0.1 (±0.2)		°C (°F)
	Accuracy (overall error)		±0.5 (±1)	±2 (±4)	°C (°F)
	Internal resolution		0.5 (1)		°C (°F)
Dew Point	Accuracy (overall error)		±1.1 (±2)**		°C (°F)
Logging rate		every 10s		every 12hr	-
Operating temperature range		-35 (-31)		+80 (+176)	°C (°F)
1/2AA 3.6V Lithium Battery Life			1***		Year

* This specifies the overall error in the logged readings, for relative humidity measurements between 20 and 80%RH.

** This specifies the overall error in the calculated dew point, for relative humidity measurements between 40 and 100%RH at 25 °C.

*** Depending on sample rate, ambient temperature and use of alarm LEDs.

EL-USB-2

Humidity, Temperature and Dew Point USB Data Logger

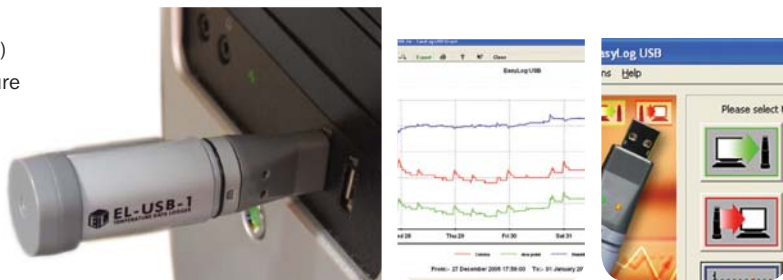
EL-WIN-USB (CONTROL SOFTWARE)

Lascar's EasyLog USB control software is supplied free of charge with each data logger. Easy to install and use, the control software runs under Windows 2000, XP, Vista & 7. The software is used to set-up the data logger as well as download, graph and export data to Excel.

The software allows the following parameters to be configured:

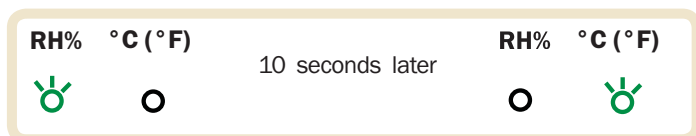
- Logger name
- °C, °F
- Logging rate (10s, 1m, 5m, 30m, 1hr, 6hr, 12hr)
- High and low alarms for humidity and temperature
- Start date and start time








The latest version of the control software may be downloaded free of charge from www.lascarelectronics.com




LED FLASHING MODES

EL-USB-2 features 2 bi-colour LEDs; one LED represents temperature measurement, the other represents RH. Each is clearly marked on the logger. To save power, the status indication alternates between the two channels every 10 seconds. First you will see the status of the temperature logging and 10 seconds later you will see the status of the RH logging and so on.



LED Status	Meaning
	Green double flash The data logger is not currently logging, but is primed to start at a later date and time (delayed start).
	Green single flash The data logger is currently logging. No alarm on the channel.
	Red single flash The data logger is currently logging. Low alarm on the channel.
	Red double flash The data logger is currently logging. High alarm on the channel.
	Green triple flash The data logger is full and has stopped logging. No alarm on the channel.
	Red triple flash The data logger is full and has stopped logging. Alarm (high, low or both).
	No LEDs flash The data logger is stopped, the battery is empty or there is no battery fitted.



RH% Red/ Green LED

°C (°F) Red/ Green LED

EL-USB-2

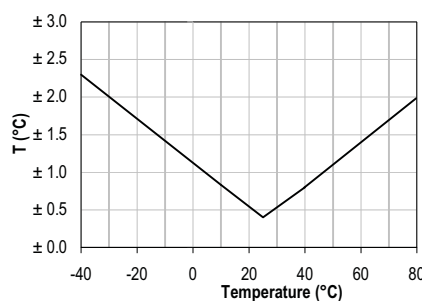
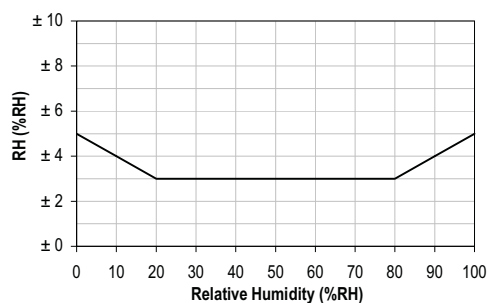
Humidity, Temperature and Dew Point USB Data Logger

DIMENSIONS

All dimensions in mm (inches)



MEASUREMENT ACCURACY



BATTERY REPLACEMENT

We recommend that you replace the battery every 12 months, or prior to logging critical data.

The EL-USB-2 does not lose its stored readings when the battery is discharged or when the battery is replaced; however, the data logging process will be stopped and cannot be re-started until the battery has been replaced and the logged data has been downloaded to a PC.

Only use 3.6V 1/2AA lithium batteries. Check with your supplier that the battery you are ordering is 'press fit' and is not fitted with solder tags. Before replacing the battery, remove the EL-USB-2 from the PC.

Note:

Leaving the EL-USB-2 plugged into the USB port for longer than necessary will cause some of the battery capacity to be lost.

WARNING

Handle lithium batteries carefully, observe warnings on battery casing. Dispose of in accordance with local regulations.

EL-USB-2

Humidity, Temperature and Dew Point USB Data Logger

CAUTION

Exposure of the internal sensor to chemical vapours such as those produced by some plastics and foamed materials may interfere with the internal sensor and cause inaccurate readings to be logged, therefore ensure that the logger is used in a ventilated area i.e. air exchange is allowed.

Exposure to extreme conditions or chemical vapours will require the following reconditioning procedure to bring the internal sensor back to calibration state.

80 °C (176 °F) at < 5% RH for 36h (baking) followed by 20-30 °C (70-90 °F) at >74%RH for 48h (re-hydration)

High levels of pollutants may cause permanent damage to the internal sensor.

THE EASYLOG USB RANGE

Each EL-USB data logger features the direct-to-USB connection and easy-to-use functionality that the range is known for. The range comprises 14 data loggers as detailed in the following table:

Part No	Function	Range	Accuracy (overall error)		Readings	Battery	Battery Life*
			Typ.	Max.			
EL-USB-1	Temperature	-35 to +80 °C (-31 to +176 °F)	±1°C (±2°F)		16,382	3.6V ½AA	1 Year
EL-USB-1-PRO	High Temperature	-40 to +125 °C (-40 to +257 °F)	±0.2°C (±0.4°F)	±0.5°C (±1°F)	32,510	3.6V ¾AA	3 years
EL-USB-1-RCG	Temperature with rechargeable battery	-20 to +60 °C (-4 to +140 °F)	±1°C (±2°F)		32,510	Lithium Ion	1 month (rechargeable)
EL-USB-2	Temperature, humidity & dew point	-35 to +80 °C (-31 to +176 °F) 0 to 100%RH	±0.5°C (±1°F) ±3%RH	±2°C (±4°F) ±6.0%RH	16,382	3.6V ½AA	1 year
EL-USB-2+	Increased accuracy temperature, humidity & dew point	-35 to +80 °C (-31 to +176 °F) 0 to 100%RH	±0.3°C (±0.6°F) ±2.0%RH	±1.5°C (±3°F) ±4.0%RH	16,382	3.6V ½AA	1 year
EL-USB-2-LCD	Temperature, humidity & dew point with LCD	-35 to +80 °C (-31 to +176 °F) 0 to 100%RH	±0.5°C (±1°F) ±3.0%RH	±2°C (±4°F) ±6.0%RH	16,379	3.6V ½AA	1 year
EL-USB-2-LCD+	Increased accuracy temperature, humidity & dew point with LCD	-35 to +80 °C (-31 to +176 °F) 0 to 100%RH	±0.3°C (±0.6°F) ±2.0%RH	±1.5°C (±3°F) ±4.0%RH	16,379	3.6V ½AA	1 year
EL-USB-3	Voltage	0 to 30V d.c.	±1%		32,510	3.6V ½AA	1 year
EL-USB-4	Current loop	4 to 20mA	±1%		32,510	3.6V ½AA	1 year
EL-USB-5	Counter, Event & State	N/A		±3 secs/24 hrs	32,510	3.6V ½AA	1 year
EL-USB-TC	Thermocouple (J, K and T-type) K-type probe included	-200 to +1350°C (-328 to +2462°F) (K-type) -200 to +1190°C (-328 to +2174°F) (J-type) -200 to +390°C (-328 to +734°F) (T-type)	±1°C (±2°F)		32,510	3.6V ½AA	6 months
EL-USB-TC-LCD	Thermocouple with LCD (J, K and T-type) K-type probe included	-200 to +1350°C (-328 to +2462°F) (K-type) -200 to +1190°C (-328 to +2174°F) (J-type) -200 to +390°C (-328 to +734°F) (T-type)	±1°C (±2°F)		32,510	3.6V ½AA	6 months
EL-USB-CO	Carbon monoxide	0 to 1000ppm NOT A LIFE SAVING DEVICE	±6ppm		32,510	3.6V ½AA	3 months
EL-USB-CO300	Carbon monoxide	0 to 300ppm NOT A LIFE SAVING DEVICE	±4ppm		32,510	3.6V ½AA	3 months
EL-USB-LITE	Low cost temperature	-10 °C to +50 °C (+14 to +122 °F)	±1°C (±2°F)		4,080	CR1620 Lithium coin cell	1 month
EL-USB-RT	Real-time temperature & humidity monitor	-20 to +70 °C (-4 to +158 °F)	±1.5°C (±3°F) ±4.5%RH		7 days	N/A	N/A

*Depending on logging rate, ambient temperature, and use of alarm LED

Module House
Whiteparish, Salisbury
Wiltshire SP5 2SJ
UK
T +44 (1794) 884567
F +44 (1794) 884616
E sales@lascar.co.uk

4258 West 12th Street
Erie
PA 16505
USA
T +1 (814) 835 0621
F +1 (814) 838 8141
E us-sales@lascarelectronics.com

8th Floor, China Aerospace Centre
143 Hoi Bun Road
Kwun Tong, Kowloon
HONG KONG
T +852 2797 3219
F +852 2343 6187
E saleshk@lascar.com.hk



www.lascarelectronics.com



CURRÍCULUM

Angélica Ramos Oropeza

Lago Guanacacha No. 81 Col. Anáhuac, C.P. 11320, Miguel Hidalgo, México DF

angyro_31@hotmail.com

Mexicana.

PERFIL

Lic. Arquitecto graduada con buen récord universitario y experiencia profesional en proyectos de construcción y remodelación.

Fortalezas: Planeación – Organización – Liderazgo

EXPERIENCIA

FREELANCE

Proyectos Personales

2001-actual

- Proyecto de Casa para Retiros.
- Proyecto de Ampliación para Casa Habitación.
- Proyecto Ejecutivo y trámite para Licencia de Construcción y ejecución de obra de dos edificios de departamentos con propuesta y realización de aprovechamiento y reciclaje de agua pluvial.
- Anteproyectos y proyectos para Casa Habitación y remodelaciones con propuestas bioclimáticas.
- Proyecto y ejecución de obra de Edificio de departamentos en la col. Moctezuma con propuestas de aprovechamiento y reciclaje de agua pluvial (en ejecución).

DIPSA CONSTRUCTORA SA de CV

Arquitecto-Proyectista

2006- 2008

- Realización de detalles y ordenes de trabajo de carpintería, mármol, aluminio y vidrio, etc. en proyectos de salas de juego bingo y book de grupo Caliente.
- Participación en proyecto de interiores para las salas de Saltillo, Monterrey, Guadalajara, Veracruz, la Paz e Hipódromo Tijuana.

ELECTRONICA JUAC S.A. de C.V.

Arquitecto-Proyectista y Supervisión de Obra

2005-2006

- Proyecto Ejecutivo y Generadores de obra para la remodelación del inmueble que ocupa el Agrupamiento de Granaderos y los sectores de Policía Tlatelolco y Morelos de la Secretaría de Seguridad Pública,
- Proyecto para remodelación de 10 departamentos.

EDUCACIÓN

Universitario: **Licenciatura en Arquitectura.** [1999-2005]

Titulada. Promedio 8.25

Posgrado: **Especialidad en Arquitectura Bioclimática** [2008-2010]

Titulada.

Posgrado: **Maestría en Arquitectura Bioclimática** [2009-2010]

Por concluir.

IDIOMAS

Inglés: Nivel medio

HERRAMIENTAS DE TRABAJO

Office: Word, Excel, Power point

AutoCAD, SketchUp, Ecotec, Photoshop

CURSOS Y CONGRESOS

OCTUBRE 2011 Publicación y presentación del artículo “*Consumo Energético y sus consecuencias en los usuarios, la Arquitectura y el Medio Ambiente.*” en la XXXV SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR. Sede Chihuahua.

OCTUBRE 2010 Publicación y presentación del artículo “*Sistemas de control solar para ahorro energético y confort térmico en edificios*” en la XXXIV SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR. Sede Guanajuato.

MARZO 2010 Taller: “Forma tu microempresa” (*MIDE*)

DICIEMBRE 2008 Seminario: “Red de Cuerpos de Investigación en Arquitectura Bioclimática” (*Departamento de medio ambiente Universidad Autónoma Metropolitana*)

DICIEMBRE 2008 Seminario Internacional: “Sustentabilidad Integral en Arquitectura Bioclimática” (*Departamento de medio ambiente Universidad Autónoma Metropolitana*)

SEPT.-NOV. 2003 “Conjuntos Habitacionales y Espacio Abierto”

MAYO 2003 “La geometría y la Estructura en la Forma Arquitectónica”

NOVIEMBRE 2000 “Arquitectura en México en el presente y hacia el futuro”